



ACOFI

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

XIX Reunión Nacional  
de Facultades de Ingeniería

# Ingeniería, Calidad y Desarrollo

Cartagena de Indias, agosto 25 a 27 de 1999

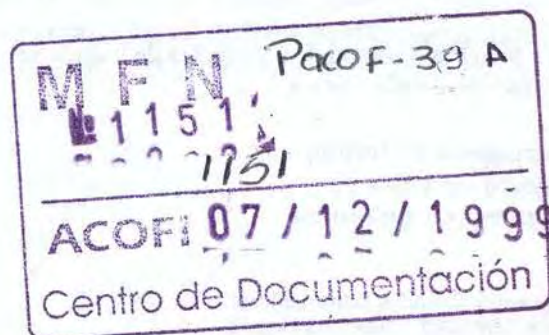


**ACOFI**

Asociación Colombiana  
de Facultades de Ingeniería

XIX Reunión Nacional  
de Facultades de Ingeniería

# Ingeniería, Calidad y Desarrollo



Cartagena de Indias, agosto 25 a 27 de 1999



# ACOFI

Asociación Colombiana  
de Facultades de Ingeniería



Carrera 50 No. 27-70 Edificio Camilo Torres  
Bloque C - módulo 7 - 4o.piso  
Teléfonos: 2215438 - 2219898 Fax. 2218826  
Email: 104721.21@multi.net.co  
<http://www.acofi.edu.co>  
Santa Fe de Bogotá, D.C. - Colombia

---

## Presidente

Ing. Iván Enrique Ramos Calderón  
*Universidad del Valle*

## Consejeros

Ing. Eduardo Silva Sánchez  
*Escuela Colombiana de Ingeniería - Julio Garavito*  
Ing. Carlos Cortés Amador  
*Universidad Nacional de Colombia - Bogotá*  
Ing. José Tiberio Hernández Peñaloza  
*Universidad de los Andes*  
Ing. Javier Páez Saavedra  
*Universidad del Norte*  
Ing. Raúl Guerrero Torres  
*Universidad de Cartagena*  
Ing. Alvaro Pérez Roldán  
*Universidad de Antioquia*  
Ing. Carlos Builes Restrepo  
*Universidad Pontificia Bolivariana - Medellín*  
Ing. Roberto Enrique Montoya  
*Pontificia Universidad Javeriana*

## Director Ejecutivo

Ing. Jaime Salazar Contreras  
*Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia - Bogotá*

XIX Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería « Ingeniería, Calidad y Desarrollo »  
ISBN: 958-680-030-X

Cartagena de Indias  
Agosto de 1999  
Impreso en Colombia

Opciones Gráficas Editores Ltda.  
Tels. 2601643 - 2600162 Bogotá

Las opiniones expresadas en esta publicación son independientes y no reflejan, necesariamente, las de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI-.  
Se permite reproducir el material publicado siempre que se reconozca la fuente.

## **Presentación**

**C**ontinuando con la construcción de escenarios académicos que permita a las Facultades de Ingeniería, expresar y mostrar sus logros y desarrollos en este campo, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, dedica la XIX Reunión Nacional, a reflexionar sobre la Ingeniería, la Calidad y el Desarrollo, que ésta disciplina trae para el bienestar de las economías y las sociedades que las conforman.

Se ha querido en esta oportunidad tratar tres temas de relevante importancia, los cuales contienen aspectos relacionados con: bases pedagógicas para la formación del profesor universitario, investigación, prospectiva tecnológica y nuevos medios de enseñanza; y estado actual de la ingeniería en Colombia, autoevaluación y acreditación.

Con satisfacción se exponen más de 40 trabajos producto del esfuerzo y dedicación de los profesores nacionales dedicados a la formación de los ingenieros colombianos; así mismo continuando con la participación internacional en las Reuniones Nacionales, se presenta la ponencia: la formación del profesional de ingeniería y los desafíos de la nueva realidad mundial, a cargo de los profesores brasileiros Claudio Da Rocha y Ari Antonio Da Rocha.

El Consejo Directivo de la Asociación desea expresar sus agradecimientos y el reconocimiento a todos los profesores entusiastas que con su dedicación y esfuerzo hacen posible esta destacada publicación. Es la manera como los docentes participan activamente en la construcción de nuestro país, en busca de una mejor calidad de vida de los colombianos



## Contenido

|     |                                                                                                                                    |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.  | La física una enseñanza de modelos .....                                                                                           | 1  |
|     | <i>Javier Jaramillo Colpas - Corporación Universitaria de la Costa</i>                                                             |    |
| 2.  | La importancia de las ciencias básicas en la formación del ingeniero de la Corporación Universitaria de la Costa, CUC .....        | 7  |
|     | <i>Claudia Baloco Navarro - Javier Jaramillo Colpas - Nayib Moreno R. Corporación Universitaria de la Costa</i>                    |    |
| 3.  | Metodología participativa en la enseñanza del cálculo diferencial e integral .....                                                 | 11 |
|     | <i>Guiomar Lleras de Reyes - Sandra Isabel Gutiérrez O. - Juan Manuel Cordero S. Escuela Colombiana de Ingeniería</i>              |    |
| 4.  | La tecnología informática y la cooperación entre líderes de la universidad y de la industria como perspectiva de cambio .....      | 27 |
|     | <i>Luis Ernesto Blanco R. - Escuela Colombiana de Ingeniería</i>                                                                   |    |
| 5.  | Estética de la ingeniería: una aproximación al diseño desde la complejidad .....                                                   | 35 |
|     | <i>Michael Raghieb - Escuela Colombiana de Ingeniería - Universidad de la Salle</i>                                                |    |
| 6.  | Ambiente de programación .....                                                                                                     | 43 |
|     | <i>John Alexander Rojas M. - Escuela de Administración de negocios</i>                                                             |    |
| 7.  | Formación de docentes virtuales .....                                                                                              | 51 |
|     | <i>José Francisco Amador M. - Escuela de Administración de negocios</i>                                                            |    |
| 8.  | Modelo Pedagógico cibernético - investigativo .....                                                                                | 57 |
|     | <i>Clara Inés Buritica A. - Fundación Universidad Autónoma de Colombia</i>                                                         |    |
| 9.  | Modelo inteligente de acreditación previa de los programas de formación en tecnología de la Universidad Autónoma de Colombia ..... | 65 |
|     | <i>Carlos Arturo Ramírez E. - Fundación Universidad Autónoma de Colombia</i>                                                       |    |
| 10. | Tocando las puertas de la universidad virtual .....                                                                                | 71 |
|     | <i>Jaime Dario Castañeda A. - Politécnico Grancolombiano</i>                                                                       |    |
| 11. | El cambio tecnológico y sus implicaciones .....                                                                                    | 77 |
|     | <i>Carlos G. Parra B. - Politécnico Grancolombiano</i>                                                                             |    |
| 12. | Siglo XX periodo de la ciencia, silo XXI periodo de la tecnología .....                                                            | 83 |
|     | <i>Máximo Barrera L. - Politécnico Grancolombiano</i>                                                                              |    |
| 13. | Experimento Formativo en el estudio de la materia modelo de toma de decisiones ..                                                  | 87 |
|     | <i>Alicia García González - Politécnico Grancolombiano</i>                                                                         |    |



|                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14. Desarrollo de una estrategia de investigación en ingeniería de sistemas: una aplicación del pensamiento de sistemas .....                                                          | 93  |
| <i>Diego Ricardo Torres M. - Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá</i>                                                                                                             |     |
| 15. Normalización de criterios de diseño para edificaciones costeras .....                                                                                                             | 101 |
| <i>Alfonso Amezcua Nieto - Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá</i>                                                                                                               |     |
| 16. Acreditación del Programa de Ingeniería Industrial: una experiencia reciente .....                                                                                                 | 107 |
| <i>Pablo Grech Mayor - Pontificia Universidad Javeriana - Cali</i>                                                                                                                     |     |
| 17. Hidroinformática: nuevas perspectivas en ingeniería de recursos hídricos .....                                                                                                     | 119 |
| <i>Nelson Obregón - Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá</i>                                                                                                                      |     |
| 18. La planeación, programación y control de proyectos. Una forma de investigación para desarrollar el área de ingeniería .....                                                        | 125 |
| <i>Edgar Alfonso López R. - Universidad Autónoma de Colombia y Universidad Católica de Colombia</i>                                                                                    |     |
| 19. El ejercicio de la ingeniería en Colombia y en el mundo .....                                                                                                                      | 133 |
| <i>Asdrubal Valencia - Guillermo Restrepo González - Universidad de Antioquia</i>                                                                                                      |     |
| 20. La ingeniería en las primeras décadas del siglo XXI .....                                                                                                                          | 139 |
| <i>Asdrubal Valencia Giraldo - Universidad de Antioquia</i>                                                                                                                            |     |
| 21. La pedagogía de las habilidades: paradigma para el mejoramiento continuo de la enseñanza de la ingeniería .....                                                                    | 145 |
| <i>Coralía Pérez Maya* - Graciela Forero de López** - Juan Castellanos Álvarez* - Edgar Lora Figueroa** - Universidad de Cienfuegos* - Universidad del Atlántico**</i>                 |     |
| 22. La formación del ingeniero humano, competente y competitivo del siglo XXI .....                                                                                                    | 151 |
| <i>Graciela Forero de López** - Juan Castellanos Álvarez* - Edgar Lora Figueroa** - Universidad de Cienfuegos* - Universidad del Atlántico**</i>                                       |     |
| 23. La valoración de la actividad docente de los profesores de ingeniería .....                                                                                                        | 157 |
| <i>Coralía Pérez Maya* - Graciela Forero de López** - Edgar Lora Figueroa** - Universidad de Cienfuegos* - Universidad del Atlántico**</i>                                             |     |
| 24. Mejoramiento de la calidad de los programas de formación de profesionales en ingeniería -una aproximación- .....                                                                   | 165 |
| <i>Carlos Enrique Serrano Castaño - Universidad del Cauca</i>                                                                                                                          |     |
| 25. Relación del proyecto institucional con el modelo de acreditación del CNA .....                                                                                                    | 171 |
| <i>Claudia Dacunha y José Rafael Capacho - Universidad del Norte</i>                                                                                                                   |     |
| 26. Experiencia piloto de autoconstrucción de un distrito de riego en la granja Armero de la Universidad del Tolima .....                                                              | 179 |
| <i>Cristobal Lugo L. - Universidad del Tolima</i>                                                                                                                                      |     |
| 27. La educación en ingeniería en la perspectiva de la educación permanente .....                                                                                                      | 187 |
| <i>Iván E. Ramos C. - Universidad del Valle</i>                                                                                                                                        |     |
| 28. Metodología utilizada por los planes de estudio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander para su autoevaluación con fines de acreditación ..... | 195 |
| <i>Judith del Pilar Rodríguez T. - Jorge Enrique Salazar - Hernán David Angarita P. - Universidad Francisco de Paula Santander</i>                                                     |     |



|     |                                                                                                                                              |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 29. | Organogenia y modelado estructuralista de la gestión académica «OMEGA» .....                                                                 | 201 |
|     | <i>Llamosa V. Ricardo - Sandoval E. - Esteban L. - Bermon L. - Sarmiento C.</i><br><i>Universidad Industrial de Santander</i>                |     |
| 30. | Diseño de un módulo didáctico para la aprehensión de los conceptos de espacio<br>(tiempo) y masa en ingeniería .....                         | 209 |
|     | <i>Arturo Ramírez B. - Jesús Adalberto Mappe B. - Alfredo Hernando Uribe E.</i><br><i>Universidad Militar Nueva Granada</i>                  |     |
| 31. | Algunas experiencias exitosas en la enseñanza de la ingeniería .....                                                                         | 221 |
|     | <i>Alvaro Recio Buritica - Universidad Militar Nueva Granada</i>                                                                             |     |
| 32. | La evaluación tradicional y la calificación .....                                                                                            | 229 |
|     | <i>Gladys Villamarín - Universidad Nacional de Colombia</i>                                                                                  |     |
| 33. | Modelo de autoevaluación para ingeniería industrial .....                                                                                    | 235 |
|     | <i>Julian Bedoya V. - Paola Andrea Ramírez - Sandra M. Salazar</i><br><i>Universidad Nacional de Colombia - Medellín</i>                     |     |
| 34. | Planeación estratégica para el desarrollo de ingeniería industrial en la<br>Facultad de Minas .....                                          | 243 |
|     | <i>Julian Bedoya V. - Flor Yuliet Londoño - Ana Isabel Montoya</i><br><i>Universidad Nacional de Colombia - Medellín</i>                     |     |
| 35. | Nuevos medios de enseñanza basados en aprendizaje colaborativo sobre la WEB ..                                                               | 253 |
|     | <i>Demetrio Arturo Onvalle C. - Daniel Castrillón Pérez</i><br><i>Universidad Nacional de Colombia - Medellín</i>                            |     |
| 36. | Construcción de un modelo de autorregulación para planes de estudio en ingeniería...                                                         | 261 |
|     | <i>Norma Lucía Botero M. - Universidad Nacional de Colombia - Medellín</i>                                                                   |     |
| 37. | Las prioridades investigativas en ingeniería mecánica: un estudio prospectivo<br>en Antioquia .....                                          | 267 |
|     | <i>Carlos Alberto Builes R. - Jorge Alonso Manrique H. - Jorge Robledo Velásquez</i><br><i>Universidad Pontificia Bolivariana - Medellín</i> |     |
| 38. | Formación pedagógica del profesor universitario .....                                                                                        | 273 |
|     | <i>Luz Angela Gómez Hincapié - Luz Mary Espinosa de Angulo</i><br><i>Universidad Tecnológica de Pereira</i>                                  |     |
| 39. | Aplicación del modelo de autoevaluación del CNA al programa de ingeniería<br>de la Universidad Tecnológica de Pereira .....                  | 279 |
|     | <i>Waldo Lizcano A. - Universidad Tecnológica de Pereira</i>                                                                                 |     |
| 40. | Diagnóstico de la fundamentación en pedagogía y didáctica de los profesores<br>ingenieros de los programas de ingeniería de la UTP. ....     | 285 |
|     | <i>Luis E. Llamosa R. - William Ardila U. - Victor M. Barros A.</i><br><i>Universidad Tecnológica de Pereira</i>                             |     |
| 41. | Hacia un cambio en la metodología de investigación en los Programas de<br>Ingeniería de Alimentos .....                                      | 291 |
|     | <i>Carlos Enrique Cardona Fadul - Fundación Universitaria Agraria de Colombia</i>                                                            |     |
| 42. | El computador, los medios audiovisuales modernos e internet en la enseñanza<br>de la física en ingeniería .....                              | 297 |
|     | <i>Fabio González - Efraín Barbosa - Universidad Nacional de Colombia - Bogotá</i>                                                           |     |

|                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 43. Formación de recursos humanos para la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia .....                                                                   | 303 |
| <i>Mauricio Duque - Alain Gauthier - Rafael Gómez - Jaime Loboguerrero - Alvaro Pinilla - Rafael Ubad - Hugo López - Universidad de Los Andes y Corporación CIDE</i> |     |
| 44. Modelo de autoevaluación de los programas curriculares de ingeniería en la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá .....                                    | 333 |
| <i>Fernando Herrera L. - Félix Hernández R. - Marcelo Riveros R - Jaime Salazar C. Universidad Nacional de Colombia - Bogotá</i>                                     |     |
| 45. La formación del profesional de ingeniería y los desafíos de la nueva realidad mundial                                                                           | 341 |
| <i>Claudio Da Rocha Brito - Ari Antonio Da Rocha - Brasil</i>                                                                                                        |     |
| 46. Aportes de la Universidad del Norte en la aplicación de las normas ISO-9000 en las Pymes .....                                                                   | 347 |
| <i>Rodrigo Barbosa Correa - Universidad del Norte</i>                                                                                                                |     |
| 47. La experiencia del SAAPI .....                                                                                                                                   | 353 |
| <i>Victoria Beatriz Durán - Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI - Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito</i>                            |     |
| 48. La Ecuación de Laplace en la prospección geoeléctrica: caracterización de arenas en Cartagena.....                                                               | 361 |
| <i>Raúl Guerrero Torres - Rafael Galeano Andrade</i>                                                                                                                 |     |
| 49. Una visión crítica de la educación virtual .....                                                                                                                 | 369 |
| <i>J. Fernando Vega Riveros - Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá</i>                                                                                          |     |



# LA FISICA UNA ENSEÑANZA DE MODELOS

**Javier Jaramillo Colpas, Lic. Fís**  
**Corporación Universitaria de la Costa, C.U.C.**  
**Barranquilla, Calle 58 No 55-66, Tel. 3442666**

## RESUMEN

La enseñanza de modelos físicos y de los modelos matemáticos son la esencia de la enseñanza en la ingeniería, siendo la matemática la herramienta del modelo físico, ya que el ingeniero expresa y cuantifica los principios físicos con modelos matemáticos, a los cuales les ha mal llamado formulas. Los modelos físicos por lo general encierran el espíritu de la generalidad a pesar de su simpleza por lo que se convierten en modelos universales, que al simularlos por computadora se obtiene a través de los software un laboratorio virtual, que permite verificar los valores teóricos y establecer la validez de parámetros y de modelos matemáticos que no son fáciles de comprobar por medio de ensayos físicos.

El Modelo de un grado de libertad seleccionado es el del Cuerpo en el Extremo de un Resorte, el cual permite su aceptación como modelo en la ingeniería de estructuras y evoluciona pasando del modelo libre, al modelo amortiguado, al modelo forzado, y al modelo con movimientos en la base como una simulación o interpretación del movimiento de una estructura ante un efecto sísmico.

## 1.- GENERALIDADES

Las Estructuras a pesar de considerarse a simple vista estáticas, no se puede pasar desapercibidamente el hecho de que se encuentren sometidas a "pequeños movimientos oscilatorios" llamados "vibraciones", las cuales pueden ser libres o forzadas; las oscilaciones (vibraciones) libres ocurren cuando el sistema oscila a causa de fuerzas internas propias del sistema, e implica la ausencia de fuerzas externas. El hecho de considerar a un sistema o estructura su masa y su elasticidad, nos obliga a considerar sus vibraciones, y por ello, el diseño estructural requiere que se considere la conducta vibratoria que se desarrollaría por acciones internas o externas[1]. Ante esta óptica de la importancia del estudio de las vibraciones para la ingeniería Civil, se presenta en este artículo un esquema evolutivo del modelo físico del cuerpo en el extremo del resorte, el cual es fácilmente comparable con el modelo estructural de pórticos en las categorías del análisis de fuerzas estáticas equivalentes y del análisis dinámico.

## 2.- SISTEMAS SIN AMORTIGUAMIENTO

Las vibraciones se pueden definir como oscilaciones de pequeñas amplitudes y abundante frecuencia, un cuerpo en equilibrio dinámico estable, oscila alrededor de su posición de equilibrio con un movimiento periódico que al producir oscilaciones en corto tiempo se dirá que el movimiento es vibratorio[2]. El modelo clásico del cuerpo en el extremo del resorte, es un modelo físico de un grado de libertad (esto es una variable independiente del tiempo,  $x(t)$ ) con un



elemento de rigidez (la constante de elasticidad del resorte,  $k$ ) y una masa  $m$  en el extremo libre; este modelo es análogo al pórtico de columnas de rigidez  $k$  y una carga de masa  $m$ , como muestra la figura No1. Este modelo de vibraciones libre considera que la estructura vibra por la acción de la fuerza inercial del mismo sistema.

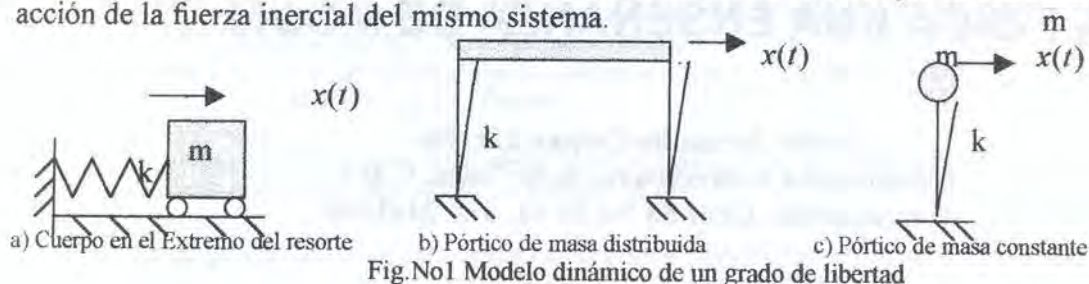


Fig.No1 Modelo dinámico de un grado de libertad

Cuando el sistema entra en movimiento, la acción dinámica obedece al principio dinámico de Newton  $F = dp/dt$  con  $p$  como la cantidad de movimiento del sistema ( $p = m\dot{v}$ ) por tanto  $F = \dot{p} = m\ddot{v} = m\ddot{x}$ ; como esta fuerza es de carácter interno o inercial (sistema libre) se puede asegurar que es igual a la fuerza recuperadora  $-kx$  por lo cual se puede establecer la condición de equilibrio dinámico  $-kx = m\ddot{x}$ , dado que esta expresión es de una variable se puede suprimir el carácter vectorial y escribir el modelo matemático del movimiento como

$$\ddot{x} + \alpha x = 0 \quad \therefore \alpha = k/m \quad (1)$$

en este modelo  $\alpha$  representa el parámetro mecánico del sistema,  $\ddot{x}$  la aceleración y  $x = x(t)$  la elongación o posición en un instante dado. Este modelo matemático representa el modelo físico del movimiento armónico simple, con solución

$$x(t) = A \cos(w_0 t + \delta) \quad (2)$$

en donde  $A$  representa la amplitud de la vibración o elongación máxima[1],  $w_0 = \sqrt{k/m}$  la frecuencia angular del sistema y  $\delta$  el ajuste de fase; además el periodo de oscilación esta dado por  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ .

El modelo estructural de la fuerza estática equivalente, se basa en determinar la fuerza horizontal total (cortante en la base)  $\bar{G}$ .

$$\bar{G} = m\bar{a} \quad (3)$$

en donde  $m$  es la masa de la estructura y  $\bar{a}$  es la aceleración sísmica horizontal;  $\bar{a}$  fluctúa entre  $0.05g$  y  $0.20g$  con  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ . Esta acción dinámica es vinculada a la estructura haciendo una distribución vertical y considerando que  $\bar{G} = \bar{F}$ ; para el modelo de un edificio las cargas puntuales horizontales a nivel de pisos y las fuerzas sísmicas (si las hay) se sustituyen por la fuerza horizontal total  $\bar{G} = F_1 + F_2$  y este resultado es adicionado a las cargas gravitacionales normales que resultan del análisis estático. Este tipo de modelo para el diseño, permite incrementar hasta el 50% de los esfuerzos elásticos admisibles o el uso de un factor de carga mas pequeño que el normal (diseño por cargas últimas); pero en este modelo las fuerzas sísmicas calculadas resultan ser asta diez veces menos que las calculadas por el análisis dinámico basado en excitaciones sísmicas reales[3].

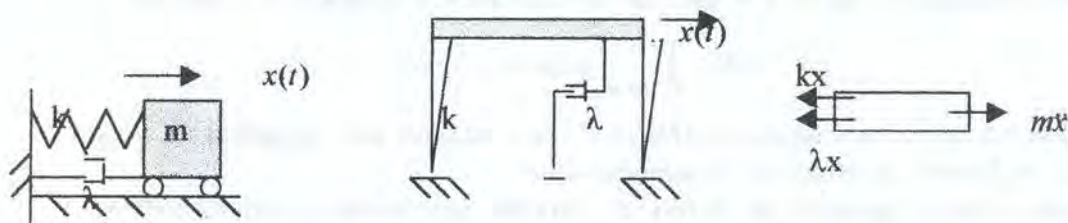
Al considerar el modelo del cuerpo en el extremo del resorte  $x(t) = A \cos(wt + \delta)$  con el modelo estructural de la fuerza cortante  $\bar{G} = m\bar{a}$ , una comparación gráfica nos muestra la analogía de estos modelos[4].



### 3.- SISTEMAS CON AMORTIGUAMIENTO (Vibraciones Libres Amortiguadas)

El sistema sin amortiguamiento es un caso ideal (no real) ya que siempre aparecen fuerzas de fricción que disipan la energía del sistema haciendo que la amplitud de las vibraciones disminuyan con el tiempo  $A(t)$ . Para un cuerpo en movimiento las fuerzas de fricción se consideran proporcionales a la velocidad  $\vec{f} = \lambda \vec{v}$  ó  $\vec{f} = \lambda \vec{v}^2$ , la determinación del modelo matemático depende de la magnitud de la velocidad y de la viscosidad del medio, este modelo al considerarlo en dinámica estructural se presupone que la velocidad es lineal y el medio viscoso, esto es  $\vec{f} = \lambda \vec{v}$ .

Consideremos un oscilador simple amortiguado (amortiguamiento viscoso) con rigidez  $k$ , masa  $m$ , y coeficiente de amortiguamiento  $\lambda$ , como muestra la figura No2



a) Cuerpo en el extremo de un resorte

b) Pórtico Amortiguado

c) Diagrama de cuerpo libre

Figura No2 Modelo dinámico del sistema amortiguado

Al aplicar el principio de D'Alembert, la ecuación del movimiento se puede escribir

$$F_i + \vec{f} + F_H = 0 \quad (4)$$

en donde  $F_i$  es la fuerza de inercia debido a la masa de la estructura  $F_i = m\ddot{x}$ ,  $\vec{f}$  es la fuerza defricción o de amortiguamiento  $\vec{f} = \lambda \dot{x}$ , y  $F_H = -kx$  la fuerza recuperadora de Hooke (o de rigidez), por lo cual

$$x + \beta \dot{x} + \alpha x = 0 \quad \therefore \beta = \lambda / m \quad \text{y} \quad \alpha = k / m \quad (5)$$

en donde  $\alpha$  es el parámetro mecánico de rigidez y  $\beta$  el parámetro mecánico de amortiguamiento, este modelo tiene por solución

$$x(t) = Ae^{-\gamma t} \cos(w_a t + \delta) \quad (6)$$

con  $\gamma = \lambda / 2m$  y  $w_a$  la frecuencia angular del sistema amortiguado,  $w_a = \sqrt{\gamma^2 - w_o^2}$ . Una expresión mas amplia para la solución del modelo del movimiento es al considerar la forma

$x(t) = e^{st}$  con  $S_{1,2} = -\frac{\lambda}{2m} \pm \sqrt{\gamma^2 - w_o^2}$  luego la solución será

$$x(t) = e^{-\gamma t} (Ae^{-s_1 t} + Be^{-s_2 t}) \quad (7)$$

en la cual  $e^{-\gamma t}$  es una función que decrece exponencialmente con el tiempo marcando la caída de la amplitud, y  $(Ae^{-s_1 t} + Be^{-s_2 t})$  es la estructura armónica que permite o no las oscilaciones [2].

### 4.- SISTEMA FORZADO (Vibraciones Forzadas)

El modelo del sistema forzado puede suponer la existencia o no del amortiguamiento; para cuando no se considera el amortiguamiento una suposición es que la fuerza externa es de corta duración provocando un pulso de duración  $t \ll T$ , menor que el periodo de vibración del sistema. Esta particularidad puede asemejarse al caso de cuando el movimiento del suelo es un solo pulso y la aceleración del suelo esta definida por una función delta de Dirac[5], el impulso que se le



suministra al sistema es  $m\Delta\dot{x} = \int F dt$  luego  $\dot{x}_o = \frac{\int F dt}{m}$  para el cual  $x_o \approx 0$  luego dará elongaciones

$$x(t) = \frac{\int F dt}{mw} \cos(wt) \quad (8)$$

Otra suposición para este modelo es la respuesta a una carga arbitraria que crece de pronto en un tiempo  $\tau$ , este modelo es como suponer pulsos sucesivos  $F(\tau)$  de duración  $d\tau$ ; luego la deformación efectuada será  $dx = \frac{F(\tau)}{mw} \cos(wt) d\tau$ . Así  $dx = \frac{F(\tau)}{mw} \cos(w(t-\tau)) d\tau$  y la respuesta total a la carga arbitraria es la suma de los impulsos de duración  $d\tau$ , esto es

$$x(t) = \int_0^t \frac{F(\tau)}{mw} \cos(w(t-\tau)) d\tau \quad (9)$$

Expresión conocida como la integral de Duhamel, esta integral solo es aplicable a estructuras lineales, ya que se basa en el principio de superposición.

Si consideramos el amortiguador en el modelo forzado igualmente podemos suponer que la acción externa sea un pulso para el cual la respuesta de la elongación será:

$$x(t) = \frac{\int F dt}{mw_a} e^{-\gamma t} \cos(w_a t) \quad (10)$$

y la integral de Duhamel será:

$$x(t) = \int_0^t \frac{F(\tau)}{mw_a} e^{-\gamma(t-\tau)} \cos(w_a(t-\tau)) d\tau \quad (11)$$

lo que supone una carga arbitraria como sucede en el caso de un sismo; las soluciones de estas integrales (9) y (11) se pueden plantear por transformaciones expandiendo en sumas para evaluar la integral suponiendo solo comportamientos lineales y requiriendo que el amortiguamiento sea muy pequeño, y aun así el método es poco preciso; una buena solución es el método numérico Beta de Newmark[6] el cual se adopta para respuestas de sistemas lineales y no lineales, y para todo tipo de grados de libertad[7].

Consideremos ahora la aplicación de una fuerza excitadora armónica  $F(t) = F_0 \sin(w_f t)$  con  $w_f$  como la frecuencia de esta fuerza externa.

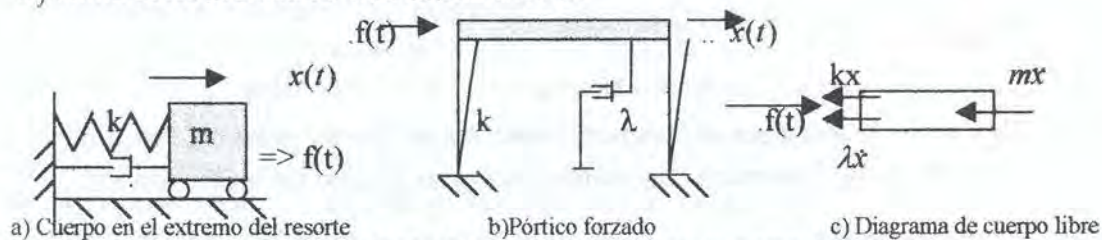


Figura No3 Modelo dinámica del sistema amortiguado forzado

Del diagrama de cuerpo libre se deduce que

$$x + \beta\dot{x} + \alpha x = \frac{F_0}{m} \cos(w_f t) \quad (12)$$

la solución particular de este modelo será de la forma  $x(t) = D \cos(w_f t + \delta)$  para la cual



$$D = \frac{F_0 / m \cos(w_f t + \delta)}{\left[ (w_0^2 - w_f^2)^2 + (2\gamma w_f)^2 \right]^{1/2}} \quad (13)$$

por lo que la solución total será la parte homogénea que es la solución de (5) o sea (6), que representa el comportamiento transitorio del sistema, y la solución particular que representa el comportamiento permanente, entonces

$$x(t) = A e^{-\gamma t} \cos(w_a t + \delta) + \frac{F_0}{m w_f} \cos(w_f t + \delta') \quad (14)$$

Por ultimo consideremos el caso para el cual el sistema se excita por movimientos de la base (tal y como sucede en los sismos)

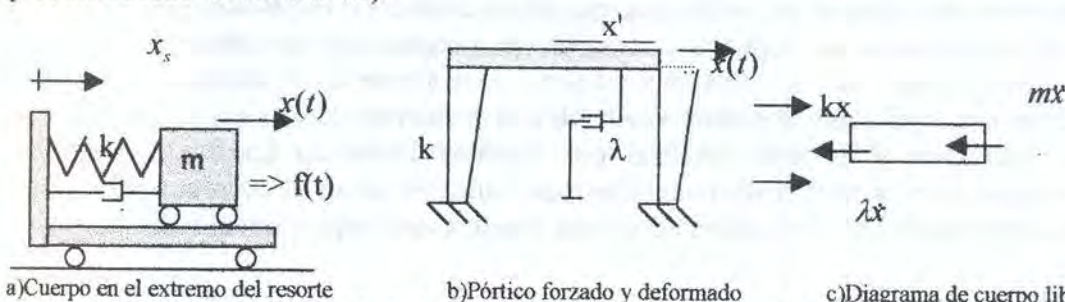


Figura No 4 Modelo dinámico del sistema amortiguado forzado con desplazamiento en la base

El diagrama de cuerpo libre nos muestra que la carga externa solo se debe al movimiento del suelo a causa del sismo ( $x_s$  representa el desplazamiento del suelo) por lo que la fuerza recuperadora debida a la rigidez de la estructura es  $k(x - x_s)$ , el amortiguamiento por deformación del sistema será  $\lambda(x - x_s)$ , y el desplazamiento relativo de la masa es  $U = x - x_s$ , induce a la aceleración de la masa como  $\ddot{U} = \ddot{x} - \ddot{x}_s$  luego al aplicar el principio de D'Alembert se obtiene:

$$m\ddot{U} + \lambda\dot{U} + kU = -m\ddot{x}_s \quad (15)$$

ecuación similar a la (12) en donde  $-m\ddot{x}_s$  es la carga efectiva a causa del movimiento del suelo, producto de la masa de la estructura y de la aceleración del suelo. La solución de este modelo es de la forma de (14) teniendo en cuenta que  $-m\ddot{x}_s = m w_s^2 F_0 \sin(w_s t)$  en donde  $F_0 \sin(w_s t)$  es la fuerza armónica que permite el movimiento supuesto en la base o el suelo[8] así que la

solución será

$$U(t) = U \sin(w_a t - \delta), \quad U(t) = \frac{w_s^2 F_0}{\left[ (w_0^2 - w_s^2)^2 + (2\gamma w_s)^2 \right]^{1/2}} \quad (16)$$

Cuando la estructura quiere recuperarse el termino  $F_T = kU + \lambda\dot{U}$  será la fuerza que la estructura transmite al suelo, esta fuerza puede definirse en términos de la aceleración efectiva de la estructura  $\ddot{U}_e(t) = w_e^2 U(t)$ , y la fuerza sísmica efectiva en la estructura será  $G(t) = m w_e^2 U(t)$  que al aplicarse estáticamente seria la causante de la deformación, el cortante  $C_0$  y el momento  $\bar{M}_0$  en la base de la estructura estarán dados por  $C_0(t) = G(t)$  y  $\bar{M}_0(t) = h G(t)$ ; la solución de la ecuación (16) se puede expresar por la integral de Duhamel como respuesta sísmica de deflexión

del sistema

$$U(t) = \frac{1}{w_e} \int_0^t \ddot{x}_s(\tau) e^{-\gamma(t-\tau)} \cos(w_e(t-\tau)) d\tau = \frac{V(t)}{w_s} \quad (17)$$



así la fuerza sísmica o cortante en la base  $G(t) = mw_e V(t)$  esta expresada en termino de la masa y la frecuencia angular de la estructura y de  $V(t)$  como función de respuesta, esta respuesta sísmica  $G(t)$ , para cualquier instante es para estructuras de un grado de libertad. La respuesta que la estructura de a la excitación sísmica dependerá de la naturaleza de la estructura (esto es de la propiedad de los materiales) y del diseño estructural (una amplia visión de la distribución de los elementos estructurales); la excitación sísmica provocará desplazamientos, velocidades y aceleración en el tiempo ( $U(t)$ ,  $\dot{U}(t)$ ,  $\ddot{U}(t)$ ) en la estructura, y la estructura responderá en términos de desplazamiento, velocidad, aceleración y en términos de fuerzas cortantes, y momentos.

Como el amortiguamiento dependerá entre otros de la naturaleza del material hay que considerar la ductilidad de estos para saber si consideramos materiales elásticos o inelásticos; los materiales frágiles como la mampostería se le puede considerar un comportamiento elástico y se puede analizar su comportamiento por los métodos estático equivalente o el dinámico lineal; los materiales dúctiles como el acero son muy favorables para la resistencia sísmica debido a su comportamiento inelástico y se puede analizar por métodos dinámicos lineales o dinámicos inelásticos con carga sísmica total, para materiales poco dúctiles como el concreto reforzado y presforzado se pueden analizar por métodos dinámicos lineales con carga sísmica reducida.

## 5.- CONCLUSION

La evolución del modelo físico del cuerpo en el extremo del resorte desde un sistema libre a un sistema excitado con movimiento en la base nos ha permitido evolucionar el modelo matemático de la respuesta dinámica (2) a la de Duhamel (17) comparando este proceso con la evolución del modelo estructural lineal que solo esta influenciado por su inercia asta llegar al modelo de la estructura que ofrece una respuesta sísmica.

Esta pedagogía de modelos físicos nos permite una visión pluridisciplinaria, y una mejor interpretación de los modelos matemáticos y de la realidad física ingenieril logrando en los estudiantes y profesores mas reflexión y critica a los resultados que se pretenden comparar con la realidad, lo que motiva a la exploración de nuevos modelos. Con igual metodología se pueden abordar muchos otros temas, como la evolución del modelo dinámico de dos grados de libertad, o la evolución del modelo dinámico de propagación de ondas sísmicas, pero es claro que estos modelos deben ser contextualizados para las diferentes disciplinas o programas de ingenierías.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] JARAMILLO COLPAS Javier. Vibraciones Libres de sistemas Físicos. Barranquilla: Corporación Universitaria de la Costa. 1994. Cp 1, pg.4
- [2] Ibid., Cp 3, pg. 22
- [3] DOWRICK, D.J. Diseño de Estructuras Resistentes a Sismos. México: Limusa, 1995 Cp. 5, Pg. 121
- [4] MALDONADO E. Dinámica Estructural. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Cp.2, pg. 10
- [5] GARCIA CASTAÑEDA Mauricio. Elementos Básicos de Matemáticas Aplicadas. Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1997.
- [6] NEWMAR N. M, Rosembueth. Fundamentos de Ingeniería Sísmica. México: Editorial Diana, 1978. Cp.1, pg. 26
- [7] GARCIA R., Luis. Betaniel. Santafé de Bogotá: Universidad de las Andes, 1995
- [8] THOMSON William. Teoría de Vibraciones. México: Prentice-Hall, 1982 Cp. 3.



# **LA IMPORTANCIA DE LAS CIENCIAS BASICAS EN LA FORMACION DEL INGENIERO DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA, C.U.C.**

**Claudia Baloco Navarro**

Directora del Programa de Ingeniería de Sistemas

**Javier Jaramillo Colpas**

Director de Ciencias Básicas

**Nayib Moreno Rodriguez**

Director del Programa de Ingeniería Civil

**Corporación Universitaria de la Costa, C.U.C.**

Barranquilla, Calle 58 No 55-66, Tel. 3442666

## **RESUMEN**

La Facultad de Ingenierías de la Corporación Universitaria de la Costa, en su búsqueda permanente de la calidad académica, y con el propósito de cumplir con su misión institucional, decidió hacer en 1997 una autoevaluación de sus programas de ingeniería, para lo cual el comité curricular estableció entre sus estrategias, determinar el rol de las asignaturas de formación en ciencias básicas, como formadoras del conocimiento científico en el ingeniero, que requiere de estas para poder satisfacer las necesidades de la comunidad, que exige soluciones de sus problemas reales.

## **INTRODICCION**

Si bien es cierto que la ingeniería es un estado de arte donde el profesional hace uso de la experiencia o "sentimiento" para abordar los problemas que se le presenten, las ciencias básicas son esenciales en su fundamentación ya que dotan al ingeniero de las bases científicas e investigativas como instrumento para materializar la creatividad, la lógica y el ingenio.

En la actualidad los programas de ingeniería tratan de tener una formación adecuada en ciencias básicas; pero este propósito se desvirtúa en la medida en que normalmente se carece de un currículo integrador, que estimule la creatividad y fomente las destrezas del aprendizaje dado el divorcio que existe entre los cursos de los primeros semestres que son generalmente de fundamentación, en donde se olvida abordar los procesos de aplicación de las ciencias básicas hacia las líneas de conocimiento específico y los cursos profesionales que tienden a ser informativos.

El aprendizaje fragmentado conduce a la formación de profesionales capacitados para desempeñar funciones limitadas y repetitivas, que les impide desarrollar todas sus capacidades. La multidisciplinariedad y la pluridisciplinariedad deben formar parte del currículo donde la fundamentación básica no sea solo en los primeros semestres sino que se extienda en toda la



carrera y que así mismo la formación técnica se inicie desde los primeros semestres buscando permanentemente un lenguaje común entre profesores de ciencias exactas y ciencias aplicadas.

El presente documento pretende muestra la experiencia en la Facultad de Ingenierías de la CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA, C.U.C. en cuanto al rol de las Ciencias Básicas en la formación de Ingenieros.

### **LAS CIENCIAS BASICAS EN EL ARTE DE LA INGENIERIA**

La formación del ingeniero se basa en la fundamentación científica, entendiéndose esta, como el estudio de las ciencias básicas, la cual comprende la física, las matemáticas, la química y la biología. Esta fundamentación unida a la experiencia del ejercicio profesional desarrolla en el ingeniero la lógica, imaginación y creatividad que le permite hacer de su profesión un estado de arte.

### **DEBILIDADES EN LA FORMACION DE LAS CIENCIAS BASICAS**

Al analizar el desempeño de las asignaturas de formación en ciencias básicas se encontró una serie de debilidades que iban en detrimento de la calidad académica de la Facultad, relacionadas con el desempeño de los estudiantes, docentes, con los criterios de evaluación, los contenidos programáticos por asignatura y por áreas de formación.

#### **• De Los Estudiante**

Se encontró en el estudiante una marcada tendencia al aprendizaje memorístico y enciclopédico que le impedía un adecuado proceso de entendimiento, análisis y creatividad, desconociendo la necesidad de su fundamentación científica. También se identificó la carencia de métodos adecuados de estudio y una falta de interés por la adquisición de textos, empleando como información básica los apuntes de clases y la fotocopia de las paginas de ejercicios de los textos, Un hecho preocupante era la permanente queja de los docentes por la desmotivación de los estudiantes reflejada en la apatía al cumplimiento de los deberes académicos.

#### **• De Los Docentes**

Se encontró que no existían vínculos académicos entre los docentes de los ciclos de formación básica y profesional, donde se programaban docentes, por ejemplo en física o matemáticas sin experiencia en la práctica de la ingeniería. Estos docentes fundamentaban a sus alumnos en la enseñanza de la ciencia, pero las asignaturas que impartían carecían de un enfoque científico con contexto donde se solucionaran problemas de ingeniería. Esto hacia que el estudiante desconociera la necesidad de recibir la fundamentación en ciencias básicas, donde desmeritaba su función transformadora en su formación como ingeniero.

#### **• De Los Criterios De Evaluación**

La evaluación era el reflejo de la manera como se enfocaban las temáticas de las asignaturas, donde no se problematizaba, exigiendo al estudiante en la solución de ejercicios numéricos carentes de análisis y centrado en el remplazo de valores en modelos matemáticos mal llamados formulas, los cuales los estudiantes debían aprender de memoria.



Las matemáticas como herramienta para el ingeniero, básicamente son operacionales, dejando a un lado la demostración de modelos. El desarrollo de los contenidos da paso al desarrollo del pensamiento, la creatividad y al estudio de modelos matemáticos que interpretan problemas de ingeniería acercando al estudiante a situaciones reales de la vida.

Se estimula el trabajo independiente del estudiante a través de tareas, solución de problemas, realización de prácticas de laboratorio, participación en seminarios, y en general, en el desarrollo de actividades que estimulan en forma natural la motivación de los estudiantes por el estudio de las ciencias básicas. La calificación pasó a un segundo plano convirtiéndose en el resultado de un trabajo duro cuyo objeto es la consecución de logros. Las evaluaciones escritas se realizan con libros abiertos, teniendo en cuenta que se busca el análisis de los conceptos antes que la repetición de conceptos memorísticos faltos de comprensión. El proceso de construcción del conocimiento esta sustentado en el aporte de una biblioteca con textos pertinentes y actualizados y con la exigencia para el uso de textos por parte del estudiante como la facilidad de consulta en la red Internet que aumenta la productividad en la búsqueda de la información. Creemos que es más importantes conocer donde se encuentra la información que aprender cosas que con el tiempo se olvidan.

## CONCLUSIONES

- Cambio de actitud en los estudiantes hacia el estudio de las Ciencias Básicas.
- Alumnos de primeros semestres con capacidad para visualizar y resolver problemas reales
- Motivación entre los estudiantes para trabajar en equipos interdisciplinarios para la solución de problemas reales
- Descenso en la tasa de mortalidad académica
- Docentes comprometidos con los nuevos procesos
- Trabajo interdisciplinario entre los docentes
- Las Ciencias Básicas proporciona una formación adecuada a aquellos estudiantes que ingresan con dificultades en los diferentes programas de ingeniería.



# **METODOLOGÍA PARTICIPATIVA EN LA ENSEÑANZA DEL CALCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL**

**Mat. Guiomar Lleras de Reyes**  
**Ing. Sandra Isabel Gutiérrez Otálora**  
**Ing. Juan Manuel Cordero Suárez**

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA**

## **ANTECEDENTES**

Debido a la estructura sociocultural que el medio ambiente colombiano ofrece a los jóvenes, en éstos ya no opera el espíritu de sacrificio y de superación personal, sumergiéndolos en el conformismo y dando como resultado el hecho de ingresar a la universidad sólo por obtener un diploma, no por aprender, formarse integralmente y disciplinarse.

De esa actitud se desprende que ellos solo se afanan por “aprender” solamente el tema estrictamente necesario para la evaluación programada, generando un olvido casi inmediato de lo aprendido, y asentuándose ante la ausencia de hábitos de estudio. La alta mortalidad que se presenta en el curso de Cálculo Diferencial e Integral, se debe a la deficiente preparación que traen consigo los alumnos desde el bachillerato, porque mecanizan y no tienen capacidad de análisis; al leer textos (no sólo matemáticos) no comprenden su sentido, lo que ocasiona incertidumbre al enfrentarse a problemas y tratar de resolverlos. La actitud que traen hacia la materia también influye en su rendimiento, habiendo algunos alumnos que tuvieron experiencias negativas en su niñez, lo que condiciona su aprendizaje posterior.

Los investigadores piensan que con un cambio de metodología, donde el alumno sea autor, de su propio aprendizaje y por medio de talleres, el joven redescubrirá la teoría, y obtendrá un mejor rendimiento académico.

## **Problema**

En qué medida los talleres, como caso particular de la didáctica activa, generan un mejor rendimiento en el aprendizaje del Cálculo.



## **Objetivos del estudio**

### **Objetivo general**

Mediante la aplicación de los talleres se propone una alternativa de enseñanza de las matemáticas, que contribuya a un mejor desempeño académico de los alumnos de Cálculo Diferencial e Integral.

### **Objetivos específicos**

1. Involucrar metodología activa con la clase tradicional.
2. Generar en los alumnos mayor claridad en los conceptos para obtener mejores resultados académicos.
3. Mejorar, por parte de los alumnos, el interés por las matemáticas, al ser partícipes de su propio aprendizaje.

## **MARCO TEÓRICO**

### **PENSAMIENTO FORMAL**

Para Piaget, hay cuatro etapas en el desarrollo del niño: sensoriomotora, preoperacional, operaciones concretas y operaciones formales. Esta última se caracteriza en que el adolescente puede abordar todo tipo de problemas razonando acerca del pasado, presente y futuro: reflexionando acerca de sus propios pensamientos como si fueran objetos. Tiene la capacidad de usar teorías e hipótesis razonando científicamente.

El pensamiento formal es:

Hipotético-deductivo, parte de las premisas a las conclusiones, de lo general a lo particular.

Científico-inductivo, que comienza con los hechos específicos a las condiciones generales.

Reflexivo abstracto, logra la construcción del conocimiento, atravesando las etapas de abstracción de un nivel inferior a uno superior.

También para Piaget, el adolescente es una persona que construye sistemas y teorías, generalizando las ideas. La producción de esta nueva forma de pensamiento, por ideas generales y construcciones abstractas, se lleva a cabo de una manera continua a partir del pensamiento concreto. Las operaciones lógicas comienzan a ser transpuestas del plano de la manipulación concreta al plano de las solas ideas, expresadas en un lenguaje cualquiera pero sin el apoyo de la percepción y la experiencia. "La construcción de una estructura, en el sentido piagetiano, parece suponer la construcción de relaciones tales que un cambio de cualquier componente del sistema afecte a todo el sistema. Más aún, las formas más avanzadas de estructuración conducen a hipótesis sobre las relaciones generales, liberando así el pensamiento de los estímulos inmediatos del momento." (Resnick y Ford, pág. 194).



Así pues, el estudiante puede deducir conclusiones que tenga que sacar de hipótesis y no solo de la observación real, sino también superando la crisis conceptual creada y haciendo uso del aprendizaje significativo.

## **ENTORNO PSICOLÓGICO DEL ADOLESCENTE**

Ya que la madurez es un proceso que abarca desde la infancia hasta la muerte, ésta se desarrolla siguiendo etapas en las cuales se presentan comportamientos propios y específicos de cada una.

La etapa de la adolescencia se caracteriza por la búsqueda de la identidad personal; esta búsqueda genera confusión, ya que los jóvenes son incapaces de decidir que desean con sus vidas y ensayan deliberadamente diferentes papeles, además cuestionan la autoridad presentándose así en ellos rebeldía. "La capacidad de efectuar el pensamiento formal auxilia al adolescente en la búsqueda de una identidad individual pero, al mismo tiempo, incrementa la dificultad de la búsqueda" (Mussen, Conger y Kagan, pág. 482).

Durante la adolescencia también cobran importancia, las preocupaciones por los valores y las normas que contribuyan para el desarrollo de la identidad. Con el nuevo desarrollo del pensamiento formal el joven volverá a etapas avanzadas del desarrollo moral, caracterizado por un gran adelanto hacia principios morales abstractos de validez universal. Ciertos jóvenes llegan a alcanzar la etapa suprema del razonamiento moral, en la cual se hace un esfuerzo por formular principios éticos abstractos. Las creencias religiosas son un reflejo de un acelerado desarrollo cognoscitivo: éstas se vuelven más abstractas, más tolerantes y menos dogmáticas.

Los muchachos, cuando comienzan la adolescencia, son incapaces de un discurso político complejo, pero durante el transcurso de ésta se observa un significativo desplazamiento en buscar un carácter abstracto del pensamiento político.

Otra de las características de los jóvenes, es el hecho de que estos se encuentran solos a merced de sus luchas interiores, que les ocasionan sentirse incomprendidos. El muchacho no permanece indiferente ante el entorno, despertando en él un espíritu que lo lleva a analizar las situaciones sociales y los hechos políticos. El adolescente tiende a entrar en conflicto con los padres y mayores, quienes le exigen a veces respuestas de niño y en otras ocasiones de adulto; mientras que con otros de la misma edad generan vínculos afectivos de amistad. Los jóvenes tienen una imperiosa necesidad de ser comprendidos y a través de relaciones gratificantes con sus amigos, los cuales les proporcionarán modelos por imitar y lograrán un fuerte sentido de identidad.

Un rasgo significativo de esta etapa es el egocentrismo, que presentan los jóvenes al creer éstos que su reflexión es todopoderosa, como si el mundo tuviera que someterse a su sistema. En la medida en que se reconcilie el pensamiento formal y la realidad, disminuirá la tendencia al egocentrismo.

Desde el punto de vista cognoscitivo el adolescente es un individuo que construye sistemas, ya que el pensamiento formal se verifica en esta etapa. El joven reflexiona las operaciones que han sido



interiorizadas a través de los objetos, llevando su pensamiento a liberarlo de lo real para permitirle edificar a voluntad reflexiones y teorías.

“Según Piaget, existe una etapa de desarrollo intelectual que va más allá de las operaciones concretas, en el cual las personas son capaces de razonar basándose en hipótesis, y de tener en cuenta todas las posibilidades lógicas. Esta etapa se llama periodo operatorio formal; se suele desarrollar a la llegada de la adolescencia e implica el tipo de pensamiento de las formas más avanzadas del razonamiento matemático y científico”. (Resnick y Ford, pág. 201).

## **LA DIDÁCTICA TRADICIONAL**

Esta didáctica se caracteriza por ofrecer elementos sensibles a la percepción y a la observación de los alumnos con el propósito de crear una impresión. El conocimiento así se construye añadiendo un elemento a otro, olvidando que las relaciones mutuas son las que definen y esclarecen las nociones y llevando al alumno a memorizar formulismos verbales.

En este esquema de enseñanza el alumno es un ente pasivo; quien decide el ritmo del aprendizaje, la organización y dirección, es el profesor. Dando lecciones intuitivas para crear un proceso de impresión sensible y de abstracción, no creando en el alumno nociones y operaciones nuevas. Puesto que el maestro es el que ejecuta las operaciones efectivas y los alumnos siguen las demostraciones por una especie de imitación interior. Cuando el profesor da una nueva definición, introduce en seguida símbolos matemáticos y fórmulas verbales fijas, con las cuales hará trabajar a los alumnos por imitación de las reglas dadas por él. Este conduce la clase de los alumnos utilizando una serie de preguntas, como si de esta manera la experiencia así provocada en el joven, se imprimiese en el espíritu.

La enseñanza tradicional presupone que el conocimiento se construye según un esquema “atomístico”, añadiendo un elemento a otro, lo que produce en el alumno la separación entre los conceptos.

El maestro tradicional cree que su lenguaje es el más adecuado para su clase, pero olvida que sus alumnos son adolescentes, con un lenguaje propio de su etapa y que no siempre siguen sus explicaciones, ya que los estudiantes tienden a seguir sus propios pensamientos.

## **LA DIDÁCTICA ACTIVA**

Para Dewey (Aëbli pág. 30) “el hombre es un ser activo que interviene espontáneamente en el curso de los fenómenos”. “El hombre transforma las cosas del medio físico y establece nuevas relaciones y nuevas estructuras en el ambiente social”. En la actividad humana, el pensar es un proceso que siempre estará presente y se hará efectiva cuando se encamine al actuar en función de interactuar con los fenómenos que se quieren comprender. Será el docente el que genere situaciones en las cuales el alumno, mediante manipulación directa y acción efectiva, construya operaciones que lo conduzcan a la interiorización, generando una crisis conceptual y reacomodando el concepto. Sólo se verificarán tales operaciones cuando existan problemas



prácticos, en donde se establezcan actuaciones directas, y así se genere una actividad mayor y se eleven los niveles de interés y motivación.

La metodología propuesta por la didáctica activa pretende enfrentar a los alumnos a una situación problema en forma práctica, tal que la resolución del mismo permita que el joven se enfrente y actúe sobre el concepto adquirido, redescubra los nuevos elementos para su aprendizaje, reinvente relaciones, extraiga y analice sus propias conclusiones y tenga un espacio para la creación y la innovación. “El conocimiento no se adquiere pasivamente, el sujeto lo construye por medio de la actividad que lo pone en contacto con lo que lo rodea. El conocimiento es un proceso activo de construcción por parte del sujeto” (Vasco, pág. 24).

Toda didáctica activa requiere de los siguientes pasos (Dewey) (Aëbli pág. 36). El alumno debe:

1. Estar en una situación de auténtico experimento.
2. Percibir un verdadero problema o dificultad.
3. Disponer de toda la información necesaria y llevar a cabo las observaciones del caso.
4. Sugerir las soluciones posibles.
5. Someter sus ideas a prueba para verificar su validez por sí mismo.

La aplicación de la didáctica activa comienza con la manipulación directa sobre los objetos, donde el alumno puede actuar sobre éstos y sobre datos concretos teniendo así un mejor grado de actividad y aumentándole el interés y su rendimiento. Puesto que el pensamiento no es un conjunto de términos estáticos, sino que es un juego de operaciones vivientes. “Pensar es actuar” (Aëbli 1984 pág. 90). En la didáctica activa es importante interiorizar los conceptos mediante “el paso de las acciones a su ejecución interior”. (Aëbli, pág. 90).

En un comienzo el alumno debe conocer determinadas asignaturas, es decir, aprender a ejecutar ciertas operaciones, ya que éstas son las que definen las nociones y es en su ejecución lo que debe provocar la enseñanza activa. Por tanto es tarea del maestro buscar qué operaciones están en la base de las nociones, que se propone hacer adquirir a los jóvenes; para Piaget “todo acto intelectual se construye progresivamente a partir de reacciones anteriores y más primitivas” (Aëbli pág. 91).

“La operación es un conjunto de acciones que modifican el objeto y que permite al sujeto obtener la estructura de la transformación” (Piaget). Para que el joven pueda construir las operaciones que debe adquirir, el profesor debe crear situaciones psicológicas, presentando el material y las estrategias adecuadas a esta actividad intelectual. Orientando la búsqueda de la nueva operación la cual debe ser reversible (directa e inversa), asociativa y sin fomentar el desarrollo de hábitos repetitivos, puesto que estos últimos son conductas aisladas que no forman sistema de conjunto. “Así, una operación puede transformar un sistema (quitando 3 de 5 quedan 2), pero otra operación volverá la sistema a su estado original (sumando 3 a 2 tenemos 5). Esta posibilidad de hacer y deshacer transformaciones, que también se llama reversibilidad es característica de las estructuras del pensamiento operatorio. Pero las operaciones, y el pensamiento operatorio, tardan cierto tiempo en desarrollarse. En la teoría de Piaget, los estados del desarrollo del individuo en su



camino hacia la madurez intelectual se definen por la presencia o la ausencia de ciertas operaciones". (Resnick y Ford, Pág. 198).

## ETAPAS EN LA FORMACIÓN DEL CONCEPTO

Para comprender la mecánica de la didáctica activa, se analiza el proceso de la formación del concepto del individuo, desde su infancia hasta la adolescencia.

De acuerdo con el método de la doble estimulación de Sakharov, en la formación del concepto se observan tres fases:

1. **Agrupamiento sincréticos:** Inicialmente el niño hace agrupaciones de objetos por ensayo y error, utilizando conceptos subjetivos. Posteriormente la agrupación está definida por la posición espacial de los objetos y finalmente combina los dos aspectos ya enunciados.
2. **Pensamiento en Complejos:** En esta etapa las agrupaciones de los objetos se hacen por medio de atributos coherentes, concretos, reales y objetivos, disminuyéndose así la impresión subjetiva. A los vínculos se les denomina complejos; estos evolucionan de la siguiente manera: comienzan con vínculos asociativos por semejanza, continúan con colecciones asociativas por contraste, se prosigue con relaciones aisladas en las cuales el significado se traslada de un elemento a otro, formándose así los complejos cadena. Cuando la capacidad de crear vínculos se amplía y las relaciones surgen a partir de cualquier detalle percibido se generan los complejos difusos. El proceso de formación de complejos termina con la aparición del pseudo-concepto, el cual sirve de unión con el concepto; en esta etapa el niño tiene una representación en complejo, el cual se va transformando a través de la interacción con el adulto (el cual tiene un significado claro del concepto) en un pseudoconcepto. Durante esta etapa el pensamiento no puede combinar la síntesis y el análisis.
3. **Conceptos potenciales:** Esta etapa se caracteriza por el dominio de la abstracción. En los complejos asociativos la abstracción se caracteriza por extraer un rasgo común a varios elementos; pero este cambia cuando la atención se dirige a otra característica. Sólo cuando el niño logra fijar la atención en un solo atributo, los rasgos abstraídos son sintetizados nuevamente y la síntesis abstracta resultante se convierte en el instrumento principal del pensamiento", (Vigotsky, pág. 114) se forma el concepto.

En el proceso intelectual del adolescente, se forman los conceptos verdaderos dejando de lado los conceptos potenciales. Se efectúa una operación intelectual que alterna de lo particular a lo general y viceversa. Entre las dificultades que él encuentra están: el poder expresarlos en palabras, así como abstraerlos en situaciones diferentes a las concretas, aplicando en otros contextos.

## EVOLUCIÓN DE LOS CONCEPTOS CIENTÍFICOS

Existen dos corrientes que explican la evolución de los conceptos científicos. Una de ellas considera que dichos conceptos son asimilados sin sufrir cambio alguno. La segunda corriente



sostiene que el proceso de desarrollo de los conceptos científicos coincide con el desarrollo de los conceptos cotidianos.

La “palabra” es el medio de generalización del concepto; en principio enmarca un entorno limitado pero a medida que adquiere nuevas palabras relacionadas el marco de referencia crece, logrando una verdadera generalización del concepto.

Adicionalmente el desarrollo de los conceptos influye en muchas funciones intelectuales tales como: la atención deliberada, la memoria lógica, la abstracción, la habilidad para comparar y para diferenciar; las cuales van cambiando a través del desarrollo del concepto.

La “palabra” como medio de generalización y el cambio en las funciones intelectuales son dos elementos que no están contemplados en la primera corriente.

Un elemento que contempla la segunda corriente, es la instrucción; por medio de esta el niño aprende cosas que no puede ver o experimentar.

“Creemos que tanto el desarrollo de la actividad espontánea como el de la no espontánea, se relacionan y se influyen constantemente. Son partes de un concepto único, el de la evolución de la formación del concepto, que se encuentra afectado por las variaciones externas y las condiciones internas, pero es esencialmente unitario, y no un conflicto de formas de ideación antagónicas, mutuas excluyentes. La instrucción es una de las fuentes principales de los conceptos infantiles, y también una fuerza poderosa en la dirección de su desarrollo; determina el destino y su evolución mental completa (Vigotsky, pág. 123).

### **Características de los conceptos científicos y de los conceptos cotidianos**

El niño no es consciente de las relaciones existentes entre los conceptos. “El pensamiento infantil es no deliberado y no tiene consciencia de sí mismo” (Vigotsky, pág. 125). Usualmente el niño confunde la consecuencia con la causa; durante este periodo es más difícil encontrar diferencias que semejanzas, ya que estas últimas requieren de una estructura más avanzada de generalización.

Durante la etapa escolar existe todavía dificultad para comunicarse verbalmente, producto del egocentrismo existente lo cual impide la formación completa del concepto.

A medida que el niño madura se desarrollan el conocimiento reflexivo y el control deliberado; además la atención y la memoria se caracterizan por ser lógicas y voluntarias.

- En esta etapa la instrucción induce al niño a tener conciencia de su propio proceso mental, a través de los conceptos científicos. “Los conceptos científicos, con su jerarquía sistemática de intercalaciones, parece ser el medio dentro del cual se desarrolla en una primera etapa el conocimiento y las destrezas para ser transferidas más tarde a otros conceptos y a otras áreas del pensamiento” (Vigotsky, pág. 130).
- Inicialmente el niño posee conceptos espontáneos pero no se da cuenta que los posee, a medida que es consciente de su proceso de pensamiento se van originando los conceptos científicos. De



esta manera los conceptos espontáneos ascienden hacia los científicos y estos últimos descienden hacia los espontáneos.

Al llegar a la etapa de la adolescencia se generalizan las "generalizaciones" del nivel anterior, logrando llegar a los verdaderos conceptos. "Una vez que una nueva estructura ha sido incorporada a su pensamiento -generalmente a través de conceptos adquiridos recientemente en la escuela-, se expande gradualmente sobre los viejos conceptos a medida que estos ingresan en las operaciones intelectuales del tipo superior" (Vigotsky, pág. 155).

El pensamiento a nivel superior requiere de la formación de un sistema que transforme gradualmente los conceptos espontáneos en científicos.

## **EL TALLER COMO CASO DE LAS METODOLOGÍAS ACTIVAS**

Sólo cuando la actividad educativa proviene de la participación activa de los jóvenes, se genera un conocimiento claro que es parte de la experiencia consciente. El taller se desarrolla en pequeños grupos conformados por los alumnos, los cuales aportan sus conocimientos y experiencias por medio de la discusión, el trabajo y el intercambio de ideas mediante ensayos y tanteos. Con el desarrollo del taller se pretende integrar la teoría con la práctica, mediante la ejecución de actividades creativas que den por resultado un producto final, que represente el logro de un objetivo.

El profesor como guía de la actividad, facilita a los alumnos la construcción del conocimiento partiendo de actividades concretas. El docente parte de problemas prácticos, utilizando manipulación efectiva lo cual suscita un vivo interés en el alumno. En el desarrollo del problema el uso de la simbología especial es progresivo, dándole importancia más a los conceptos que a la simbología como tal.

Al desarrollar los talleres el papel del profesor es de orientador, detectan y encausan las deficiencias y los errores comunes de los alumnos. Terminado el taller se realiza una plenaria en la que progresivamente se van recogiendo los resultados y conclusiones obtenidas en cada grupo; hasta llegar a una conclusión final que enmarque el concepto que se empezará a desarrollar en la clase.



## ANEXO 1

### ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA "Julio Garavito"

#### Cálculo I Taller No. 1

Integrantes: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1. Un carro recorre diferentes distancias, con una velocidad constante de 1.1 m/s

- a. Encuentre las distancias correspondientes a cada tiempo y organice los datos y sus resultados en la siguiente tabla.

| Tiempo<br>(segundos) | Distancia<br>(metros) |
|----------------------|-----------------------|
| 4                    |                       |
| 5                    |                       |
| 6                    |                       |
| 9                    |                       |
| 10                   |                       |

- b. Encuentre una relación (expresión matemática) que ligue los tiempos transcurridos y las distancias recorridas (calculadas).

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- c. De acuerdo a la relación determinada, encuentre la distancia correspondiente a los siguientes tiempos:

- i) 8 segundos \_\_\_\_\_  
ii) 200 segundos \_\_\_\_\_  
iii) 5000 segundos \_\_\_\_\_

- d. ¿Qué elemento manipuló en la toma de datos y éste en qué parámetro influyó?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. a. Encuentre una relación (expresión matemática), que permita determinar el costo total de comprar cierta cantidad de artículos iguales.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



- b. Sean  $A = \{x/x \text{ es usted, sus hermanos y su mamá}\}$  y  $R$  la relación que vincula a los hijos con la mamá. Determine los pares ordenados que pertenecen a  $R$ .

---

---

---

- c. ¿Qué similitudes encuentra en los dos casos anteriores?

---

---

---

3. a. Sean  $A = \{\text{Germán Castro Caicedo, Gabriel García Márquez, Cervantes}\}$   
 $B = \{\text{la Vorágine, Cien años de Soledad, La bruja, El Quijote, El amor en los tiempos del Cólera, El huracán, El coronel no tiene quien le escriba}\}$ , y  $R$  la relación que vincula al escritor literario con sus obras. Determine los pares ordenados que pertenecen a  $R$ .

---

---

---

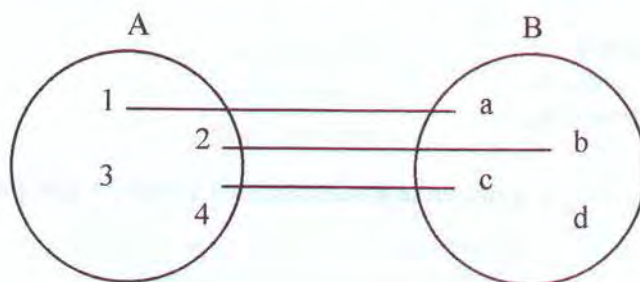
- b. Sean  $A = \{x/x \text{ es usted, sus hermanos y su mamá}\}$  y  $R$  la relación que vincula a la mamá con sus hijos. Determine los pares ordenados que pertenecen a  $R$ .

---

---

---

- c. Determine los pares ordenados que pertenecen a la relación graficada.



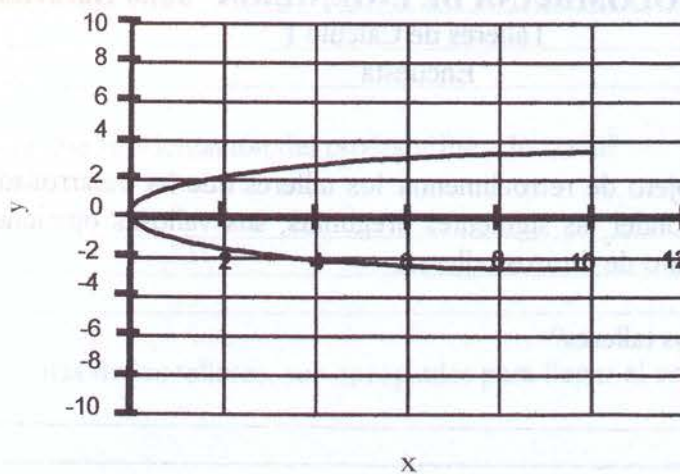
---

---

---



- d. Determine los pares ordenados que pertenecen a la relación  $x = y^2$ .



4. ¿Qué diferencias encontró entre los casos del numeral 3 y los del 1 y 2?



## ANEXO 2

### ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA "Julio Garavito"

#### Talleres de Cálculo I

#### Encuesta

Estimado alumno, con el objeto de retroalimentar los talleres que ha desarrollado en la clase de Cálculo, le solicitamos responder las siguientes preguntas; sus valiosas opiniones serán de gran utilidad para el replanteamiento de futuros talleres.

1. ¿Cómo se sintió en los talleres?

---

---

---

2. ¿Qué ventajas le encuentra a esta metodología?

---

---

---

3. ¿Qué desventajas le encuentra a esta metodología?

---

---

---

4. ¿Qué le cambiaría a la clase desarrollada de esta manera?

---

---

---

5. ¿Cómo le pareció el trabajo en grupo?

---

---

---



6. ¿El material utilizado permitió entender el concepto?

---

---

---

7. ¿Considera que la orientación del profesor fue adecuada?

---

---

---

8. ¿Las preguntas de los talleres, son apropiadas para llegar al concepto?

---

---

---

9. ¿Le gustaría que se realizarán más talleres, entorno a otros conceptos?

---

---

---

10. ¿Qué dificultades tuvo en los talleres?

---

---

---



### **ANEXO 3**

#### **COMENTARIOS RECOGIDOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS ESTUDIANTES**

De los resultados obtenidos en la encuesta se observó, que un gran número de alumnos se sintieron a gusto, otros expresaron que la actividad los sacaba de la rutina.

Respecto a la metodología empleada manifestaron que los talleres les permitían ver los conceptos de una manera tangible, amena y clara, aunque en algunos de estos el tiempo no fue suficiente. Adicionalmente los estudiantes expusieron la idea de introducir más talleres no solo en esta materia sino en otras.

En cuanto al trabajo en equipo lo encontraron benéfico, ya que el compartir ideas les permitió aclarar sus dudas e integrarse al grupo.

El material utilizado les refuerza los conceptos puesto que existe una relación directa entre las preguntas de los talleres y los conceptos a desarrollarse.

Finalmente, los alumnos expresaron que la orientación del profesor durante la conclusión del taller fue adecuada.

Se pudo observar que para algunos estudiantes es difícil salirse del esquema tradicional, por ejemplo sugieren que los talleres tengan nota y que se muestren claramente los objetivos antes de comenzar.



## BIBLIOGRAFÍA

- AËBLI, Hans. (1984). "Una didáctica fundada en la psicología de Jean Piaget". Editorial Kapelusz. Buenos Aires.
- BETANCOURT, María Cecilia. 1996. "Mañana será otro día". 8a. edición. Bogotá.
- MUSSEN, Paul; CONGER, John; KAGAN, Jerome. (1982). Desarrollo de la personalidad en el niño. Editorial Trillas. 2a. edición. México.
- NICKERSON, Raymond; PERKINS, David; SMITH, Eduard. 1990. "Enseñar a pensar". 2a. edición. Ediciones Paidós
- PIAGET, Jean. (1986). "Sus estudios de Psicología". Planeta Colombiana Editorial.
- LABINOWICZ, Eduardo (1982). Introducción a Piaget. Fondo Educativo Interamericano. México.
- RESNICK L., Lauren y Ford Wendy. (1990). La enseñanza de las matemáticas y sus fundamentos psicológicos. Editorial Paidos. España.
- VASCO, Carlos Eduardo. 1986. "El enfoque de sistemas en la enseñanza de la matemática" Editorial Norma. Colombia.
- VIGOTSKY, Lev S. Pensamiento y lenguaje. Ediciones Fausto. Argentina.
- WADSWORTH, Barry. 1992. "Teoría de Piaget del desarrollo cognoscitivo y afectivo". 1a. edición. Editorial Diana.



# LA TECNOLOGIA INFORMATICA Y LA COOPERACION ENTRE LIDERES DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA INDUSTRIA COMO PERSPECTIVA DE CAMBIO.

**Profesor Luis Ernesto Blanco Rivero, PhD. Industrial Engineering ( C ), Msc. Ing. Industrial, Licenciado en Matemáticas, Profesor del Centro de Estudios de Producción de la Escuela Colombiana de Ingeniería. AA 14520 Santafé de Bogotá, Tel. 6762666 Ext. 223, Fax 6762340, e-mail [lblanco@escuelaing.edu.co](mailto:lblanco@escuelaing.edu.co)**

**Resumen:** La era de la Informática ha invadido el mundo, trayendo consigo un cambio total de paradigmas. Tanto empresas como universidades están siendo obligadas a replantear sus estrategias, de mercadeo, de operaciones y finanzas para la prestación de sus servicios, si es que quieren sobrevivir en un nuevo ambiente altamente competitivo y globalizado. El empleo de tecnologías de comunicación como Internet, clases vía satélite, y el uso de ayudas educativas, videos, aulas y textos virtuales, se impondrá en el mundo. La Universidad Virtual será una nueva dimensión de las Instituciones de Educación Superior. Los trabajadores y profesionales aprenderán a usar la tecnología telemática, en la universidad o en cualquier institución nacional o extranjera que se las ofrezca, porque para ellos valdrá más la demostración de sus habilidades y/o conocimientos, que los títulos universitarios, ya que las empresas exigirán dicha capacitación previa, para el ingreso al trabajo. Con este artículo, se pretende enfatizar en las características que deberá tener un ingeniero en el futuro y en la imperiosa obligación que tienen tanto las universidades como las empresas de trabajar conjuntamente, si es que quieren lograr posiciones de liderazgo.

## 1. LA ERA INFORMATICA

El desarrollo inconmensurable de la Informática y del transporte, ha cambiado nuestra concepción del mundo. Hoy conocemos una gran diversidad de lugares y estamos en capacidad de comunicarnos con personas de lejanos sitios en muy breve tiempo, sin necesidad de desplazarnos físicamente. Las fronteras nacionales están siendo derribadas por el efecto de las comunicaciones. Cursos de capacitación y entrenamiento, noticias, publicidad, transferencias monetarias se hacen hoy vía Internet. La Globalización es real y su efecto competitivo invade los predios, hasta ahora autónomos, de las Instituciones de Educación Superior. Veamos con detalle algunos parámetros que afectarán la toma de decisiones de las universidades, en el futuro:

**1.1 Cambio en la composición del tipo de estudiantes.-** En la era informática<sup>(1)</sup>, las universidades tendrán tres tipos de estudiantes: los tradicionales de tiempo completo; los de postgrado y los no tradicionales. A) Los *universitarios tradicionales*, son jóvenes que



llegan a las Instituciones de Educación Superior con diversas expectativas, que van desde la obtención de un título, que les abra las puertas del trabajo, hasta la oportunidad de relacionarse con otras personas. Un buen número de éstos tiene una motivación muy baja por el estudio. Su deseo de aprender varía, dependiendo del tema, del profesor, de la hora de clase, de los requisitos, de los condiscípulos, etc. Se dan casos de alumnos que no vuelven a la universidad, porque ésta no llena sus expectativas de aprendizaje. Sin embargo, los estudiantes de hoy son mucho más exigentes que los de nuestra época. La gran mayoría tiene idea de cómo manejar los computadores y las calculadoras, están acostumbrados a utilizar Internet, tienen idea de hacia dónde irá su profesión en el futuro, dentro del panorama competitivo global, son bastante críticos de la atención que reciben. Algunos estudiantes buscan capacitación adicional o supletoria, en Informática, a la que les brinda la universidad. B) Los *estudiantes de postgrado*, varían en edad y experiencia; muchos trabajan y estudian simultáneamente, especialmente en diplomados y especializaciones, otros son patrocinados por sus padres, universidades, empresas, o son financiados por Bancos o por Icetex, para adelantar maestrías y/o doctorados. Su motivación por el estudio es bastante alta, son muy selectivos y exigentes en cuanto a la calidad de los programas que escogen. Tienen muchas ganas de aprender, buscan capacitación y entrenamiento adicional en áreas y medios que no encuentran en la universidad. C) Los *estudiantes no tradicionales*, son personas adultas, en su mayoría trabajadores y profesionales de empresas, que reciben capacitación en Informática y en áreas especializadas, a través de programas internos de formación de la empresa, o a través de cursos y programas de Educación Continuada. Estas personas quieren aprender, sin importar los títulos. Son conscientes de la rápida obsolescencia de sus conocimientos y tratan de actualizarse, utilizando los medios que sean necesarios (presenciales, virtuales, etc.) porque de su saber y de sus habilidades depende su continuidad o ascenso en el trabajo. Este tipo de estudiante es el que más se incrementa cada día y es precisamente el que lleva a las empresas, la propaganda de sí la universidad cubre o no sus expectativas de aprendizaje. Es un estudiante poco fiel a una Institución en particular, él busca solo aquellas que llenen sus expectativas de capacitación y actualización. Estos trabajadores y profesionales estudiantes aprenderán a usar la tecnología telemática, en la universidad o en cualquier institución nacional o extranjera que se las ofrezca, porque para ellos valdrá más la demostración de sus habilidades y/o conocimientos, que los títulos universitarios, ya que las empresas exigirán dicha capacitación previa, para el ingreso al trabajo. Será el tipo de estudiante al que habrá que ponerle mucho cuidado, será nuestro cliente especial y objetivo.

**1.2 Nuevos métodos de enseñanza.-** El método tradicional de la *clase magistral*, tiende a desaparecer, porque allí no se da ninguna retroalimentación entre el profesor y sus alumnos. Los estudiantes de hoy preguntan y exigen respuestas. Será necesario evaluar el efecto de la estandarización en la enseñanza contra la satisfacción de expectativas y la formación de los alumnos. Clases con *trabajos en grupo*, planeadas desde el comienzo, en donde la investigación, el cuestionamiento, la discusión y el seguimiento del desempeño del grupo, sean sus principales características, se pondrán de moda. *Laboratorios* de trabajo creativo, en donde el profesor desempeña el papel de asesor, serán otras formas de enseñanza. Los *Proyectos* como oportunidad para aplicar los conceptos adquiridos, constituirán otra forma moderna de educación.



Por encima de los métodos, habrá que recordar los consejos de Einstein<sup>(ii)</sup>: “Entendimiento y un sentido de los valores, sentido vívido de lo bello y de lo moralmente bueno... aprender a entender los motivos de los seres humanos, sus ilusiones y sus sufrimientos con el fin de adquirir una relación adecuada con sus compañeros y con la comunidad...*estas cosas tan preciosas son transmitidas a los más jóvenes por medio del contacto personal con los que enseñan.* Esto es lo que en principio constituye y preserva la cultura”.

**1.3 Nuevos salones y medios.-** Los edificios y las aulas del futuro serán “inteligentes”, tendrán que estar conectadas a redes informáticas, comunicadas con el exterior. Las aulas parecerán más un estudio de televisión que un salón tradicional: varias cámaras, micrófonos, sala de control, televisores en donde el profesor puede observar los alumnos de los sitios remotos, monitores en donde se pueda seguir la imagen que se está enviando, todo tipo de ayudas audio-visuales, computador para el profesor conectado en red, etc. Los puestos de estudio, con micrófonos, monitor y teclado de computador, distribuidos de tal manera que el profesor pueda verlos a todos. Los laboratorios, en el futuro, tendrán además de los aparatos tradicionales, computadores con software especializado, para simular condiciones experimentales costosas o difíciles de confrontar en la realidad. La Escuela Colombiana de Ingeniería a través del Centro de Estudios de Telecomunicaciones, está haciendo las pruebas de los equipos para transmisión remota de algunas especializaciones.

La retroalimentación inmediata es quizá la mayor preocupación tecnológica, cuando se trata de emitir clases para sitios remotos, dentro del campus, en empresas, o en otras ciudades. La educación virtual, no sigue el consejo de Einstein, pero podríamos aceptar que ésta puede estar más orientada a los adultos, quienes se supone que ya están formados y poseen los valores necesarios. Para la educación de los jóvenes, se podrá considerar que la tecnología virtual es una manera adicional de entrenamiento y formación de habilidades.

#### **1.4 Nueva forma de diseñar los planes de estudio, desde la perspectiva del cliente.-**

Las universidades son autónomas para proponer los planes de estudio, los programas y su orientación. La decisión tradicional para ofrecer los programas, se basa más en la disponibilidad de recursos y en la moda de las carreras, que en estudios serios de la demanda y del mercado. En el futuro, las empresas, los colegios de bachillerato, tendrán que integrarse al equipo de diseño curricular, como usuarios y como proveedores de “materia prima”. La empresa tiene que definir sus expectativas de capacitación para su personal y la Universidad tendrá que ayudarla a descubrir las tendencias del cambio y a actualizar o a formar a sus profesionales. Esta presencia de la empresa en la universidad es fundamental para establecer una cooperación real entre las partes y para adaptar más los programas a las necesidades del sector productivo. Será una de las formas para que la credibilidad del sector empresarial hacia el universitario se inicie o se incremente. En la Escuela Colombiana de Ingeniería se han puesto en funcionamiento los Comités de Carrera y en ellos se ha incluido representación de las agremiaciones empresariales, además, se están proponiendo especializaciones planeadas conjuntamente con los empresarios.



Las universidades y las empresas están recibiendo directamente el impacto de éstos cambios vertiginosos de la Globalización y de la Competitividad. Tanto las unas como las otras, requieren procesos cuidadosos y rápidos de replanteamiento de objetivos y búsqueda de nuevos horizontes.

El ingeniero Augusto Calderón <sup>(iii)</sup>, advierte a las empresas que “ El poder lo tendrá quien sepa para qué sirve y cómo se maneja la comunicación... Quien no esté informado estará ausente del mundo y deambulará perdido en la compleja maraña de la interactividad polifuncional. Quien no use el computador con las millonadas de posibilidades que han abierto el software, internet y la multimedia, será un ente pasivo, desubicado y ermitaño ciudadano” Las empresas pueden emprender por sí solas el camino de la capacitación de sus trabajadores, replicando estructuras, recursos e instalaciones del sistema educativo, o por el contrario, trabajar conjuntamente con las universidades, induciendo a éstas al cambio de sus programas y medios de divulgación.

## **2. LA COOPERACION UNIVERSIDAD-INDUSTRIA**

**2.1 Necesidad de un alto nivel de cooperación Universidad – Industria .-** La presencia de la empresa en la universidad es fundamental, pero la acción de la universidad en la empresa también es esencial para establecer credibilidad, para fomentar la creatividad, la innovación y emprender políticas de cooperación entre las partes. Las posiciones arrogantes de parte y parte, tendrán que ser abandonadas y orientadas a un trabajo complementario. Se pueden mencionar casos de universidades fundadas y dirigidas por empresarios, en donde dicha relación funciona bien desde hace muchos años, pero éstas son honrosas excepciones. Mediante objetivos acordados y trabajo en equipo, de las personas, en las dos partes, se podrá brindar la flexibilidad institucional, necesaria para enfrentar con éxito la competencia en los dos sectores. No podemos darnos el lujo de trabajar aislados, cuando los países desarrollados procuran cada día estrechar los lazos de cooperación industria <sup>(iv)</sup>

Las alianzas estratégicas Universidad - Empresa, con inversión de recursos, conjunta, será uno de los objetivos a lograr. La Universidad y las empresas, están en capacidad de diseñar programas de postgrado, cursos de capacitación y entrenamiento, especiales para trabajadores y/o profesionales de las empresas, que se pueden difundir en directo o a control remoto, a través de los medios tecnológicos que nos brinda la era informática. La Educación Continuada, con el soporte de la Universidad Virtual y la Cooperación Universidad – Industria, tendrá que generar el cambio de la tradicional desconfianza, entre los dos sectores. “La conformación de clusters regionales y cadenas de valor agregado en innovación y desarrollo tecnológico demanda alianzas estratégicas de los sectores productivos con las universidades y centros tecnológicos, en un compromiso permanente...las empresas constituyen un laboratorio para la experimentación y la formación de recursos humanos, en una acción conjunta de las Universidades, el Sena y los Centros de Formación Tecnológica.” <sup>(v)</sup>

**2.2 Alternativa de cambio permanente.-** Parece que no existe otra disyuntiva que la del cambio, para la Universidad, porque actualmente, empresas multinacionales como



Microsoft y SAS, hacen cursos de entrenamiento y certifican a los asistentes sus habilidades en el dominio de determinados programas. Esto quiere decir que las funciones de docencia y certificación, tradicionales de las Instituciones de Educación, se están trasladando, a empresas que dominan el mercado mundial del *software* y de las telecomunicaciones o a universidades del exterior que llegan a través de los satélites y otros medios de comunicación. Inicialmente, se podrán utilizar barreras como las de la autenticación estatal para los certificados y diplomas, pero las empresas, como usuarias dirán la última palabra. A éstas solo les interesan las habilidades reales en sus trabajadores y no las certificaciones.

Las empresas viven una situación similar, o *mejoran* sus productos y procesos, o perecen. La competitividad internacional tiene como parámetros, la Innovación, la Calidad, la Productividad y un muy buen desempeño organizacional. Pero éstos no aparecen en las empresas de un momento a otro, ni siquiera a través de Alianzas Estratégicas; se requiere un proceso permanente de capacitación a todos los niveles. Las universidades conocen éste oficio y las empresas tendrán que verlas como tal, al implementar políticas de *outsourcing* del servicio de capacitación. Es apenas obvio que los programas, contenidos y metodologías, tendrán que ser convenidos conjuntamente.

**2.3 Alternativa de negocio gana - gana.-** La relación Universidad – Industria, tendrá que verse en el futuro como “un negocio” y habrá que volverlo productivo para las dos instituciones, de manera que ambas ganen con esta alianza.. Como en cualquier relación comercial, los socios aportan recursos de acuerdo con sus disponibilidades con la meta de “ganar dinero”. Hasta ahora, la relación se ha manejado al nivel de favor, de ahí el poco interés de la institución que lo otorga. Las dos partes tendrán que invertir, sin esperar, al menos en el corto plazo, los beneficios de la ley de Ciencia y Tecnología, para este tipo de alianzas. “Las empresas son la fuente de generación de empleo permanente para científicos, ingenieros y técnicos, base fundamental de la productividad y competitividad internacional. Las empresas requieren un esfuerzo sostenido para el incremento de las exportaciones, con base en una mayor capacidad de innovación y desarrollo tecnológico”(vi) ) Se trata de aprovechar al máximo los recursos de las dos instituciones, en la búsqueda de una mejora conjunta, que acelere el cambio y permita la competitividad internacional de los dos *socios*. En la Escuela Colombiana de Ingeniería, se estableció una Oficina encargada de la relación Universidad – Industria y en algunos programas, como el de Ingeniería Industrial, se adelantan trabajos de curso, en diferentes empresas; pero se siente la necesidad de establecer sociedad productiva con los empresarios.

### 3. PERSPECTIVA DE LOS INGENIEROS PARA EL CAMBIO

**3.1 Formación Básica Sólida.-** Para que los egresados de programas de Ingeniería, se preparen adecuadamente para el futuro, la docencia por medio de una sólida formación teórica en las Ciencias Básicas, deberá buscar el desarrollo de la capacidad de raciocinio y el entendimiento de los conceptos, para que éstos se puedan aplicar más adelante, en la solución de problemas del entorno real y en la asimilación de nuevos conocimientos. Se deberá *enseñar a entender*. Este es uno de los requisitos indispensables de preparación para



el cambio rápido de contenidos y manejo de nuevas tecnologías; si el Ingeniero tiene capacidades para leer, aprender y entender, se podrá actualizar muy fácilmente. Se deberá además *enseñar a aprender*. Porque si solo se enseñan habilidades en el manejo de tecnologías, éstas se vuelven obsoletas muy pronto. El desarrollo de la capacidad de aprender lo habilita para el cambio y aumenta su flexibilidad.

Adicionalmente, se deberán desarrollar capacidades y habilidades como las de aprender activamente, trabajar en grupo, comunicación oral y escrita en por lo menos dos idiomas; expresión y debate público en el análisis de propuestas, visión y enfoque sistémico en el momento de analizar situaciones, liderazgo, orientación a la acción y toma de decisiones, capacidades de creatividad e innovación, etc. Esto en tres palabras es: *formación básica profunda*. Esta es una de las mayores preocupaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería, agravada por la desigualdad de conocimientos, en los estudiantes que ingresan. Actualmente se están adelantando talleres de Matemática y de Análisis Experimental, con el fin de mejorar la formación y evitar la alta tasa de mortalidad académica en los primeros semestres.

**3.2 Fomento de habilidades y capacidades, especialmente las de la Informática.-** Como se comentó antes, el dominio de tecnologías informáticas y de comunicaciones es indispensable, y tiene el requisito adicional de la actualización permanente. Tanto universidades como empresas, tendrán que negociar el derecho a la utilización del software y volverse, especialmente las primeras, entidades capacitadoras reconocidas por los proveedores. Con el fin de acortar la distancia tecnológica, las universidades tendrán que especializar profesores y estudiantes graduados en desarrollos informáticos y telemáticos que sean estado del arte en su campo de acción.. Esta política tendrá que verse como una alta inversión económica ahora y con resultados evaluables sólo en el futuro de largo plazo. Las universidades tendrán que fomentar capacidades para el trabajo en grupo, para el debate público, para el análisis de propuestas de soluciones en el entorno social, para el liderazgo, para el dominio de gestión administrativa, para la creatividad y la innovación, para la adaptación y asimilación de nuevas tecnologías y adelantos científicos, para entender y comunicarse con técnicos y tecnólogos, habrá que practicarlas en laboratorios, talleres, proyectos, etc. De la misma manera, el fomento de habilidades de comunicación verbal y escrita en por lo menos dos idiomas, la habilidad para actualizar herramientas computacionales, dominar la informática y la automatización, serán otras de las grandes prioridades de nuestras universidades, que tendrán que practicarse en salas de cómputo, talleres, foros, seminarios, debates, pasantías en el exterior, etc.

**3.3 Práctica y fomento de los Valores.-** Y por si fuera poco, se deberán practicar y fomentar valores como la solidaridad, el respeto, la ética, el amor a la patria, la protección, el cuidado de la naturaleza, el ser personas de bien y respetuosas de los derechos humanos. Habrá que desarrollar hábitos de disciplina y responsabilidad en el trabajo, sentido de las proporciones, buen humor e iniciativa, conciencia de su papel en la sociedad y su responsabilidad para con ella.

## **Conclusiones:**



Tanto universidades como empresas, tendrán que cambiar sus estrategias en el futuro. Las universidades tendrán que rediseñar sus instalaciones, sus planes de estudio, sus métodos de enseñanza, con la perspectiva de instituciones prestadoras del servicio educativo, que deben satisfacer a sus clientes. Las empresas tendrán que volverse innovadoras, creativas, producir bajo parámetros de calidad, productividad y precios competitivos. El camino es el de efectuar Alianzas Estratégicas Universidad- Empresa, con el fin formar líderes en el dominio de la tecnología apropiada en esta era informática. Los profesionales del futuro deberán tener una sólida formación básica y toda una serie de capacidades, habilidades y valores, que les permita una alta flexibilidad, eficiencia y efectividad.

---

<sup>i</sup> Rowley Daniel, Lujan Herman, Dolence Michael. *Strategic Choices for the Academy*, Jossey-Bass Publishers San Francisco USA, 1.999.

<sup>ii</sup> Einstein Albert, *Educación o entrenamiento?*, The New York Times, Octubre 5 de 1.952

<sup>iii</sup> Calderón Augusto. *La Gerencia del Siglo XXI*, Revista Noticreto, Edición No. 49, Oct.- Dic. 1.998, Santafé de Bogotá, Colombia.

<sup>iv</sup> Massachussets Institute Of Technology, *LFM Leaders For Manufacturing A partnership for Change: Industry and Academia preparing future manufacturing leaders to compete succesfully in global markets*, MIT 1998, USA

<sup>v</sup> Sistema Nacional de Innovación, *Articulación Universidades-Centros Tecnológicos-Empresas*, Santafé de Bogotá, abril 21 de 1.999.

<sup>vi</sup> Ibidem.



# ESTÉTICA DE LA INGENIERÍA: UNA APROXIMACIÓN AL DISEÑO DESDE LA COMPLEJIDAD

Michael Raghib  
Escuela Colombiana de Ingeniería  
Universidad de la Salle

## RESUMEN

La actividad primordial de la ingeniería civil consiste en el diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura del nicho para el animal humano. Salvo algunas notables excepciones, hemos sido incapaces de integrar armoniosamente estos ecosistemas artificiales dentro de los ecosistemas naturales. La viabilidad del desarrollo sostenible yace en la capacidad de facilitar esa interacción armónica que podría *diseñarse* a través del tratamiento de los ecosistemas artificiales y naturales como Sistemas Complejos Adaptativos. De esta manera, las palabras clave en el diseño complejo en ingeniería civil serían las siguientes: Modelos No-Lineales, Interdependencia, Flexibilidad, Cooperación, y Dinámica Social. Estos criterios hacen énfasis en el diseño de contextos y escenarios posibles, y no en obras aisladas. Se discute un marco teórico de estas ideas junto con una propuesta de aplicación.

## INTRODUCCIÓN

La nueva ciencia de la complejidad está ampliando los espacios de discusión sobre el comportamiento global de sistemas que exhiben un conjunto de propiedades interesantes. Recientemente, siguiendo la tradición dejada por Von Bertalanffy [32], investigadores del Instituto Santafé [06], acuñaron el término Sistemas Complejos para aquellos sistemas que exhiben las siguientes propiedades: Primero, la aplicación de reglas simples, da lugar a comportamientos complejos; segundo, son impredecibles si miramos las trayectorias individuales de las partes, pero muestran patrones cualitativamente predecibles a escala global; y por último, exhiben propiedades de orden emergente que no puede inferirse a partir de la sumatoria de sus partes individuales, sino a partir de la naturaleza de sus interrelaciones. Un sistema complejo es adaptativo cuando es capaz de reorganizar su dinámica interna como respuesta a una presión ambiental conservando su estabilidad. Este surgimiento de coherencia espontánea implica la posibilidad de obtener un “orden gratis” de ocurrencia más probable a medida que el sistema se aleja del equilibrio, retando la tendencia de la segunda ley de la termodinámica. Este “orden gratis” se conoce como auto-organización, o autopoiesis ( “que se genera a sí mismo”).



A partir de estas ideas surgen las siguientes preguntas: ¿Cuales son los mecanismos y las condiciones que activan la aparición de propiedades de coherencia emergente en sistemas complejos? ¿Será posible *diseñar* un cierto sistema con miras a que exhiba propiedades emergentes? Varios autores [01, 04, 08, 13, 20, 24] creen que la respuesta es *si*. La definición tradicional de desarrollo sostenible se podría simplificar como una relación de coherencia entre la actividad humana y el mundo natural. Así las cosas, la palabra *sostenibilidad* traducida a la ciencia de los sistemas complejos sería equivalente a *auto-organización*. Esto implica, que al ser capaces de diseñar propiedades emergentes, podríamos diseñar la sostenibilidad como una de ellas.

## DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

La ciencia de la complejidad es un área reciente de investigación que se ha desarrollado a partir de las contribuciones de áreas muy diversas de las ciencias; debido a esto, es difícil evitar las confusiones de términos y aun no ha surgido un conjunto de definiciones comúnmente aceptadas por todos los investigadores en el área. Por fortuna, tal confusión se aclara a medida que la ciencia evoluciona. Aquí incluimos aquellos que son relevantes para el tema de este documento.

Un *Sistema Complejo Adaptativo* es un conjunto de agentes interdependientes, que siguen reglas y ejecutan interacciones complejas que tienen como resultado la emergencia de patrones de comportamiento global. Diversos modelos de computador (por ejemplo los autómatas celulares) muestran como agentes separados pueden seguir reglas independientes de comportamiento, que sin embargo, producen patrones emergentes generados en forma colectiva y que afectan al conjunto.

El *borde* es la frontera externa que define el ente que se auto-organiza en un proceso autopoietico. En el caso que nos ocupa, el borde sería la frontera geográfica que contiene a los ecosistemas natural y artificial.

Un *pareo* es un patrón de relación en un sistema complejo. En éste, el sistema establece una relación inmediata consigo mismo que se conoce como bucle de retroalimentación, que resulta ser uno de los mecanismos principales de la autopoiesis, un agente A afecta a un agente A' y éste a su vez afecta A, y así sucesivamente. La formulación matemática de un pareo es una función iterativa del tipo  $X_{i+1} = f(X_i)$ . Un ejemplo de este tipo de relaciones aplicados a fenómenos naturales viene dado por la ecuación logística que busca modelar la población futura como una función de la población actual mas un parámetro de no-linealidad. Viene dada por la expresión  $X_{i+1} = \lambda X_i (1 - X_i)$  donde  $X \in [0,1]$  y  $\lambda \in [0,4]$

Entendemos por *diferencia* la variación interna en un sistema complejo que define su nivel de equilibrio. Cuando hay poca diferencia entre los agentes de un sistema, se dice que se encuentra en equilibrio. A medida que la diferencia aumenta el sistema se aleja del equilibrio, y cuando la diferencia es muy grande decimos que el sistema se encuentra alejado del equilibrio. Cuando un sistema se encuentra lejos del equilibrio es cuando tiene la capacidad de auto-organizarse. Ilya Prigogine llama a este tipo de sistemas *estructuras disipativas*.



La *auto-organización* o *autopoiesis* es la tendencia a generar nuevas formas de organización que muestran los sistemas alejados del equilibrio y que surgen espontáneamente como resultado de su dinámica interna. Humberto Maturana desarrolló este concepto en el marco de los sistemas biológicos como *autopoiesis* e Ilya Prigogine en los sistemas físicos dentro de lo que él mismo denomina termodinámica de procesos irreversibles, o *estructuras disipativas*.

Los *bucles transformadores de retroalimentación* se encargan del intercambio de información, materia o energía entre los agentes de un sistema complejo. Permiten que los diversos agentes se integren a través de sus diferencias. Las condiciones de tal mecanismo de acción son las siguientes: transferencia bidireccional, y cambio mutuo (que se afecte tanto al receptor como al emisor de la perturbación). Sin embargo, es preciso anotar que pueden presentarse tanto bucles positivos (que aumentan la diferencia y dan estabilidad a la estructura emergente) o negativos (que reducen la diferencia y destruyen los patrones emergentes).

### CONDICIONES PARA LA AUTO-ORGANIZACIÓN

Como resultado de la investigación sobre sistemas complejos realizada por diversos autores [04, 08, 10, 12, 13, 20, 24] se han encontrado las siguientes condiciones que facilitan el proceso de auto-organización.

1. **Diferenciación:** La dinámica interna del sistema reconoce una diferencia que es amplificada a través de alguna presión ambiental o algún pareo interno, esto es un aspecto de vital importancia, pues el *stress* es con frecuencia el mecanismo que activa la dinámica interna de auto-organización.
2. **Pareo.** Se realiza un bucle transformador con base en la diferencia reconocida anteriormente. La descripción topológica de esta etapa se ajusta a la "Transformación del Panadero" [02, 19, 29,30] en la cual un espacio topológico se estira, de dobla sobre si mismo y se vuelve a estirar, llevando los puntos próximos en el estado inicial a posiciones cada vez mas lejanas.
3. **Autopoiesis.** El sistema se desplaza hacia un nuevo estado en el cual el marco estructural del pasado es reemplazado por una nueva estructura emergente que surge a partir de la dinámica iterativa de los bucles de retroalimentación del paso 2.

### MATEMÁTICAS DE LA COMPLEJIDAD - GEOMETRÍA FRACTAL Y DINÁMICA NO-LINEAL

La comprensión del comportamiento de los sistemas complejos necesita herramientas conceptuales basadas en un conjunto de ideas que de prioridad a las relaciones y no a los puntos individuales. Como nos ocupa la identificación de *patrones* emergentes a escala global, nos interesan herramientas capaces de predecir comportamientos de naturaleza tanto cualitativa como cuantitativa. Es decir, lo realmente importante no es la predicción de la trayectoria individual de una parte (virtualmente imposible) sino la reorganización global de toda la clase. Así las cosas,



necesitamos una geometría de relaciones ( geometría fractal) que describa los patrones, y una dinámica de relaciones (dinámica no-lineal o caótica) que describa mecanismos y procesos.

La geometría fractal basa su poder descriptivo en el principio de autosemejanza o simetría de dilatación, esto es, cuando un objeto es indistinguible de sí mismo a diferentes escalas, o en otras palabras, cuando un mismo patrón se repite a través de las escalas. Esto permite describir cuantitativa y cualitativamente objetos sumamente complejos inabordables por la geometría euclidiana, que además, muestran una semejanza sorprendente con un gran numero de estructuras y paisajes naturales [11,32]. El mecanismo de generación de objetos con geometría fractal es la función iterativa (por ejemplo, el conjunto de Julia, que se genera en el plano complejo al aplicar  $Z_{i+1} \rightarrow Z_i^2 + C$  y graficar los valores de  $C$  para los cuales la función converge) y el criterio de evaluación es la dimensión fractal. Gracias a la dimensión fractal [11]obtenemos un criterio de validación de un modelo. Por ejemplo, al delimitar el borde de un sistema real, podemos obtener su dimensión fractal y compararla con aquella producida por la teoría[05].

La dinámica no lineal se ocupa de aquellos problemas, que por su dificultad, son intratables analíticamente. Su herramienta de trabajo más importante es el *espacio de fases*, el cual es una imagen abstracta del comportamiento de un sistema. Propiamente, en el espacio de fases se inscribe el conjunto de todas las trayectorias posibles de un sistema dinámico ( calculadas numéricamente), que recibe el nombre de *atractor*. Nos interesa este conjunto por dos razones principales: Primero, los sistemas dinámicos exhiben una propiedad que se conoce como *dependencia sensitiva a las condiciones iniciales*, esto es, errores infinitesimales de medición de las condiciones iniciales crecen exponencialmente, haciendo la predicción imposible y, por lo tanto, que las trayectorias individuales pierdan valor descriptivo; segundo, nos interesa el comportamiento global del sistema y no el de cada una de sus partes. El patrón generado por este conjunto de trayectorias se conoce como *atractor*. La dinámica no lineal facilita el tratamiento de este tipo de problemas a través de tres tipos de funciones iterativas que generan secuencias simbólicas, en especial las aplicaciones o funciones unimodales y entre éstas, la función logística.

Así como la dinámica clásica depende de las coordenadas cartesianas para su comprensión, la dinámica no lineal emplea coordenadas *topológicas*. Las coordenadas topológicas reemplazan la visión estática de una trayectoria por una dinámica simbólica, que muestra las variaciones del sistema bajo análisis como un conjunto de secuencias o una secuencia de símbolos que no describe posiciones individuales en pares o tripletas ordenadas, sino en *giros*, *dobles* y *estiramientos* del conjunto de trayectorias que definen un atractor en el espacio de fase. El aplicar estos conceptos permite crear un espacio topológico que se conoce como *organizing template* [02, 29,30,19] que incluye todas las aproximaciones de órbitas periódicas imbuidas en el atractor caótico. Tenemos entonces un criterio de validación al comparar el espacio topológico experimental con aquel producido por el modelo teórico.

## LOS ECOSISTEMAS COMO ESTRUCTURAS DISIPATIVAS

El eje de toda la estructura física de las propiedades emergentes en sistemas complejos esta siendo desarrollada por Ilya Prigogine [20,21,22] en la ciencia que el mismo llama termodinámica de procesos irreversibles, y cómo estos procesos generan espontáneamente *estructuras* que se



sustentan en la disipación de la energía del sistema, de ahí el nombre de estructuras disipativas. El vórtice que se forma al vaciar una tina, o la llama de una vela, son los ejemplos más sencillos de E.D.

Schneider y Kay [8,24,25,26] desarrollaron este concepto aplicado a los ecosistemas explorando la idea de Schrodinger [27] de *orden a partir del desorden* y ampliaron la segunda ley de la termodinámica para que incluyese las situaciones alejadas del equilibrio. En esta ampliación se incluye el concepto de exergía. Exergía es una medida de la calidad de la energía, o su potencial para realizar trabajo. Desde este punto de vista, la exergía de un ecosistema es la energía solar, este continuo influjo de energía hace que el sistema tienda a alejarse del equilibrio, y en respuesta, el sistema genera estructuras que disipan la energía. Un sistema maduro es muy eficiente en la disipación de la energía entrante, y esta efectividad se puede medir comparando la radiación recibida con la radiación emitida. Esta relación provee una variable observable de la integridad de un ecosistema, y eventualmente, de la efectividad de la integración entre la actividad antrópica y natural.

## ESTRATEGIAS DE APLICACIÓN EN INGENIERIA

La clave de la integración exitosa entre las obras civiles y los ecosistemas está en conservar el porcentaje de eficiencia de disipación de energía. Para lograr esto, es preciso concebir las obras civiles como SC en los cuales los efectos perturbadores, se degradan a través de bucles disipadores a diversas escalas. Esto implica diseñar la distribución del asentamiento con geometría dendrítica (A través de un sistema de Lindenmayer), lo cual de inmediato facilitaría la construcción de una malla vial, red de alcantarillado, cableado eléctrico y telefónico con geometría fractal. También facilita el manejo de residuos sólidos y líquidos a diversas escalas poblacionales en lugar de concentrar toda la actividad en un solo sector, haciendo imposible el manejo sostenible.

Las propiedades emergentes en sistemas complejos no se pueden predecir positivamente. Sin embargo, es posible conocer que tipos de estructuras emergentes pueden aparecer para un cierto conjunto de condiciones iniciales dadas y asignar un valor de probabilidad a cada una de las posibles estructuras emergentes. Esto implica administrar para la contingencia y la adaptación.

La principal estrategia para el manejo de los ecosistemas desde la armonía con la actividad humana es a través de *narraciones*. Estas narraciones cuentan la historia de los posibles estados futuros del sistema aplicando simultáneamente cuatro ópticas epistemológicas distintas[08]: 1) Explicación en términos de causa - efecto, con modelos probabilísticos o determinísticos 2) Explicación en términos de modelos de eventos independientes en el cual el estado más probable de un sistema es una distribución aleatoria de sucesos independientes. 3) Explicación en términos de bucles homeostáticos, en los que la causa es controlada por el efecto, en la cual un bucle negativo de retroalimentación conserva el estado estacionario 4) Explicación en términos de modelos morfogénéticos, es decir, explicaciones basadas en bucles de retroalimentación tanto positivos como negativos y autocatálisis. Estos bucles pueden aumentar la diferencia del sistema hacia niveles más altos de complejidad organizacional. Este último enfoque es particularmente útil en la construcción de las narraciones.



Estas narraciones incluyen descripciones tanto cuantitativas como cualitativas del posible comportamiento futuro del sistema Kay [08] y a partir de ellas iniciar un dialogo con las comunidades, la industria y el gobierno con miras a establecer pautas de manejo conciliadas. Confio que en estos procesos el reto de desarrollarnos sosteniblemente produzca la tensión necesaria para general el cambio como una propiedad emergente del tejido social.

## BIBLIOGRAFÍA

- [01] CAPRA FRITJOF, *The Web of Life*, 1996, Nueva York.
- [02] DEVANEY, ROBERT, *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems*, 1989.
- [03] FLOOD, ROBERT, *Dealing With Complexity: An Introduction to the Theory and Application of Systems Science*, 1993
- [04] EOYANG, GLENDA, Conditons that Support Self-Organization in A Complex Adaptive System, International Association of Facilitators, 1999 Annual Meeting Proceedings.
- [05] GARCIA-RUIZ, JUAN, OTALORA, FERMIN, El uso de la geometría fractal en las ciencias naturales, 1994, Epsilon **28**, p.p.109-124, 1994.
- [06] GELL-MANN, MURRAY, *El Quark y El Jaguar*, 1996, Barcelona.
- [07] GLEICK, JAMES, *Chaos : The Making of a New Science*, 1987, Nueva York.
- [08] KAY, JAMES J. et al, An Ecosystem Approach to Sustainability: Adressing the Challenge of Complexity, 1999.
- [09] LEWIN, ROGER, *Complejidad, El Caos como Generador de Orden*, 1995, Barcelona.
- [10] LOVELOCK, JAMES, *The Ages of Gaia : A Biography of Our Living Earth*, 1995. Londres.
- [11] MANDELBROT, BENOIT, *The Fractal Geometry of Nature*, 1983, Nueva York
- [12] MARGULIS, LYNN, *Microcosmos*, 1995, Barcelona.
- [13] MATURANA, HUMBERTO, *El Sentido de lo Humano*, 1998, Santiago.
- [14] MATURANA, HUMBERTO, *La Realidad : objetiva o construida ?*, 1996, Barcelona.
- [15] MATURANA, HUMBERTO, VARELA, Francisco, *The Tree of Knowledge : The Biological Roots of Human Understanding*, 1998, Boston.
- [16] MATURANA, HUMBERTO, Metadesign, Pagina Web del Instituto de Terapia Cognitiva, 1998, Santiago.
- [17] MAUNDER, C.R.F, *Algebraic Topology*, 1980, Nueva York.
- [18] MORIN, EDGAR, *Introducción al Pensamiento Complejo*, 1998, Barcelona.
- [19] OTT, EDWARD, *Chaos in Dynamical Systems*, 1993, Cambridge.
- [20] PRIGOGINE, ILYA, *El fin de las Certidumbres*, 1997, Barcelona.
- [21] PRIGOGINE, ILYA, *El nacimiento del tiempo*, 1998, Barcelona.
- [22] PRIGOGINE, ILYA, *Tan sólo una ilusión ?*, 1997, Barcelona
- [23] RAGHIB, MICHAEL, An Esthetics of Engineering : A design Approach from Complexity, Seventh World Business Dialogue, 1999, Colonia.
- [24] SCHNEIDER, E.D, KAY, J.J, "Complexity and Thermodynamics: Towards a New Ecology", *Futures* **24** (6), August 1994, pp.626-647.
- [25] SCHNEIDER, E.D KAY, J.J., , "Embracing Complexity. The Challenge of the Ecosystem Approach", en *Perspectives on Ecological Integrity*, 1995, pp. 49-59
- [26] SCHNEIDER, E.D, KAY, J.J., "Order from Disorder: The Thermodynamics of Complexity in Biology", en *"What is Life: The Next Fifty Years. Reflections on the Future of Biology"*, 1995
- [27] SCHRODINGER, ERWIN, *What Is Life?*, 1967, Cambridge.



- [28] STEENROD, N.E, CHINN, W.G, Primeros Conceptos de Topología, 1975, Madrid.
- [29] TUFILLARO, NICHOLAS, An Experimental Approach to Non Linear Dynamics and Chaos, 1992, Nueva York.
- [30] TUFILLARO, NICHOLAS, Symbolic Dynamics in Mathematics, Physics and Engineering, IMA Industrial Problems Seminar Proceedings, September 1997
- [31] VON BERTALANFFY, LUDWIG, General System Theory, 1976, New York.
- [32] WRIGHT, DAVID J, Lecture Notes on Dynamical Systems, Universidad Estatal de Oklahoma. 1996.



## **AMBIENTE DE PROGRAMACIÓN**

**John Alexander Rojas Montero**

***mraj@latinmail.com***

***Escuela de Administración de Negocios "E.A.N."***

***Facultad de Ingeniería***

**Resumen:** La programación viene presentando crisis en los procesos de formalización del software, lo cual conlleva el no poder garantizar su efectividad, y a que no existan formas de predecir su funcionamiento real bajo condiciones de frontera; siendo esto así, se hace necesario brindar a los estudiantes de programación alternativas que les permitan prepararse para participar en proyectos de desarrollo de software, mejorando sus habilidades al enfrentarse a problemas de programación.

Una de estas alternativas es desarrollar un ambiente de programación que le permita al estudiante resolver problemas experimentando y descubriendo cómo construir algoritmos al estar interactuando con una metodología general que involucra los procesos de formalización: análisis, diseño e implementación. Algunas características de dicho ambiente serán:

- Encontrar conceptos y contenidos a medida que el estudiante interactúa con el ambiente probando y validando sus hipótesis.
- A partir de reglas básicas el estudiante irá construyendo esquemas que determinarán su proceder y cómo superar los retos que va descubriendo.
- El ambiente proveerá al estudiante de un espacio de aprendizaje en el cual va encontrando respuestas a los problemas de programación que se le presentan, llegando a descubrir y dominar el modelo simulado a través de una serie de procesos cognitivos con los que se llega a una formalización y a nueva conceptualización.

El buen desempeño en la programación irá obteniéndose a través del aprendizaje de procedimientos, de la comprensión de conceptos, del control y conocimiento de las acciones que tomará ante las situaciones que se le presentan, contando con herramientas que le permitirán manipular tipos de datos, operadores y estructuras de control.

A medida que el estudiante interactúe con el ambiente de programación irá realizándose un registro personalizado del tiempo que invierte y el número de errores que comete para resolver un



## **AMBIENTE DE PROGRAMACIÓN**

*John Alexander Rojas Montero*

*mraj@latinmail.com*

*Escuela de Administración de Negocios "E.A.N."*

*Facultad de Ingeniería*

**Resumen:** La programación viene presentando crisis en los procesos de formalización del software, lo cual conlleva el no poder garantizar su efectividad, y a que no existan formas de predecir su funcionamiento real bajo condiciones de frontera; siendo esto así, se hace necesario brindar a los estudiantes de programación alternativas que les permitan prepararse para participar en proyectos de desarrollo de software, mejorando sus habilidades al enfrentarse a problemas de programación.

Una de estas alternativas es desarrollar un ambiente de programación que le permita al estudiante resolver problemas experimentando y descubriendo cómo construir algoritmos al estar interactuando con una metodología general que involucra los procesos de formalización: análisis, diseño e implementación. Algunas características de dicho ambiente serán:

- Encontrar conceptos y contenidos a medida que el estudiante interactúa con el ambiente probando y validando sus hipótesis.
- A partir de reglas básicas el estudiante irá construyendo esquemas que determinarán su proceder y cómo superar los retos que va descubriendo.
- El ambiente proveerá al estudiante de un espacio de aprendizaje en el cual va encontrando respuestas a los problemas de programación que se le presentan, llegando a descubrir y dominar el modelo simulado a través de una serie de procesos cognitivos con los que se llega a una formalización y a nueva conceptualización.

El buen desempeño en la programación irá obteniéndose a través del aprendizaje de procedimientos, de la comprensión de conceptos, del control y conocimiento de las acciones que tomará ante las situaciones que se le presentan, contando con herramientas que le permitirán manipular tipos de datos, operadores y estructuras de control.

A medida que el estudiante interactúe con el ambiente de programación irá realizándose un registro personalizado del tiempo que invierte y el número de errores que comete para resolver un



problema. Dichos datos servirán para hacer una medida cualitativa del desempeño que va adquiriendo el estudiante al resolver problemas algorítmicos.

## INTRODUCCIÓN

El Departamento de Ciencias de la Computación de la E.A.N. esta conformando una metodología que busca favorecer la solución de problemas con características algorítmicas, para brindar apoyo a la Ingeniería de Software en el campo de la programación, y así tener procesos formales desde el momento del análisis hasta la implementación, con un permanente contacto con las Ciencias Básicas a fin de hacer de este campo una labor profesional y científica.

La programación requiere emplear métodos formales que garanticen la efectividad de funcionamiento del software bajo condiciones exigentes, apremiantes y cambiantes, aún más, si se tiene en cuenta que los productos de software se han convertido en grandes paquetes inmanejables e incontrolables [2].

Actualmente la industria apoya trabajos que favorezcan la automatización y sistematización de procesos donde el hombre tiene altos márgenes de error, en los cuales aparecen problemas de alta complejidad que requieren como solución programas eficaces y procedentes que se adapten a las necesidades de los usuarios.

En este panorama se hace necesaria la implementación de métodos cuantitativos y métodos formales para dimensionar el comportamiento de los programas en el mundo real, con lo cual se obtenga la suficiente seguridad y que cada nueva estrategia de solución que surja persiga brindar mayor confianza, a través de *métodos evolutivos* que se adapten a las contingencias de la realidad y de *metodologías ingenieriles* que vinculen a la programación con formas de trabajo que han dado buenos resultados a través de la historia.

Una manera de formalizar una metodología es permitir la interacción de los estudiantes de Ingeniería de Sistemas con un ambiente de programación, donde resuelvan problemas experimentando y descubriendo como construir algoritmos.

## MODELO PEDAGÓGICO

El modelo pedagógico a utilizar tiene congruencia con una metodología para la solución de problemas algorítmicos implementada en un ambiente de programación que tiene dos modelos, en uno se sigue una solución correcta de un problema, y en otro se sigue una solución incorrecta. Dichos modelos le brindan a los estudiantes ideas e información sobre los conceptos y los contenidos necesarios para enfrentarse al problema de programación que esta resolviendo, además, le ayuda a realizar en forma autónoma sus actividades, desarrollar procesos de comunicación e interacción y enriquecer sus representaciones mentales al transformar las situaciones que se le presentan, con lo cual llegan a ser artífices de su propio aprendizaje (Lobrot) [3].

En el ambiente de programación se plantean problemas algorítmicos al estudiante, quien debe construir soluciones aplicables en el computador, del cual recibe una confirmación o una



invalidación. Un esquema de solución de problemas propuesto por Polya se presenta en la Figura 1 [4]:

Figura 1

Dentro de este esquema se presentan diferentes tipos de conocimiento, para determinar si la situación es problemática el lingüístico, el semántico y el esquemático, para comprender el problema se utiliza el conocimiento específico, la experiencia y las representaciones existentes, para concebir y ejecutar un plan se requiere del conocimiento operativo y el estratégico que favorecen la formulación de planes y metodologías para buscar la solución del problema. Este proceso debe ser verificado permanentemente para que basados en las condiciones iniciales se lleguen a las condiciones finales.

El anterior esquema tiene su análogo en el siguiente modelo computacional, utilizado para resolver problemas mediante el uso de computador (Figura 2):

Figura 2

En dicho modelo, la entrada representa los datos que se deben suministrar para el funcionamiento o ejecución de los pasos del algoritmo, los cuales son ingresados por medio de dispositivos de entrada (teclado, ratón, micrófono, escáner, etc.).

El proceso es representado por los pasos previstos en el algoritmo para llegar a la solución, en el computador están asociados con el procesador y la memoria.

La salida representa los datos que arroja la solución del problema, los cuales pueden ser observados por cualquiera de los dispositivos de salida con que se cuente (monitor, parlantes, impresora, etc.).

## MODELO METODOLÓGICO

El modelo metodológico para la solución de problemas algorítmicos se apoya en el trabajo de MAPS [5] (Methodology for Algorithmic Problem Solving), el cual está adaptado para los estudiantes en procura de familiarizarlos con los procesos de análisis, diseño e implementación de algoritmos, además de introducirlos en la disciplina de la ingeniería de software.

Los objetivos del modelo buscan centrarse en el estudiante como sujeto capaz de analizar las herramientas que posee para mantenerse en continua búsqueda de soluciones, diseñar los caminos descubiertos para encontrar soluciones ante los problemas algorítmicos a que enfrenta, e implementar en forma adecuada el proceso de comprensión que ha realizado.

**Análisis:** El análisis es una etapa en la que se entrelazan los conocimientos lingüístico, semántico, operativo, esquemático y estratégico, con el propósito de tener claridad del problema y de mantener adecuadamente la información que se utilizará en cada estadio de esta metodología. Así, que para abordar el análisis de un problema resulta indispensable contar con buena información acerca del mismo, además de práctica en la organización del conocimiento para que se puedan aterrizar las



ideas que se tienen de la situación problemática y que ella pueda ser tratada con objetividad y solucionada parcial o totalmente en un período de tiempo determinado.

El análisis de un problema se abordará mediante procesos que involucren ciertos tipos de conocimientos, en la siguiente forma:

- Para la "descripción y contacto con la realidad específica" el conocimiento lingüístico y semántico.
- Para las "especificaciones" el conocimiento esquemático.
- Para la "obtención de la información específica" el conocimiento operativo.
- Para la "búsqueda de estrategias" el conocimiento estratégico.

**Diseño:** En el diseño se hace el bosquejo que orienta cada uno de los procesos a considerar en la puesta en marcha de la estrategia de solución escogida, relacionadas con los móviles naturales de atención y de acción del estudiante (Claparède)[3], teniendo en cuenta los siguientes procesos:

- Modularización
- Definición de Abstracciones
- Representación (Diagrama de flujo, Cartas N - S, Seudocódigo)
- Prueba de escritorio

**Implementación:** Cuando se quiere llegar a la socialización de la experiencia adquirida en los procesos de análisis y diseño, se ha de realizar la implementación que permite exteriorizar la solución obtenida en el interior del estudiante (Freinet)[3]. En ésta etapa el laboratorio se convierte en el lugar donde se realizan actividades prácticas que conducen a la comunicación del conocimiento, donde se presenta la dinámica del tanteo experimental y donde se puede establecer la cooperación y el intercambio del grupo, en el cual pueden aparecer conductas autónomas derivadas de la experiencia individual en los procesos de codificación, prueba y verificación.

## AMBIENTE DE PROGRAMACIÓN

El ambiente de programación que se propone debe apoyar el aprendizaje a través de la experiencia y el descubrimiento [1], mediante la interacción con *simulaciones interactivas* y herramientas que permitan a los estudiantes construir algoritmos como formalización de hipótesis a ser probadas. Dicho ambiente tiene como base los modelos pedagógico y metodológico descritos anteriormente, y cuenta con las siguientes características:

- El contenido se va encontrando a medida que el estudiante interactúa con el ambiente probando y validando hipótesis.
- A partir de reglas básicas el estudiante va construyendo esquemas que determinan su proceder para superar los retos que va encontrando.
- Se provee al estudiante de un espacio de aprendizaje que le brinda respuestas a los obstáculos que van surgiendo cuando esta programando, con lo cual se logra descubrir y dominar el



modelo simulado a través de una serie de procesos cognitivos con los que se formaliza una nueva conceptualización.

- Se hace énfasis en la exploración y el descubrimiento controlado por el estudiante, para construir el conocimiento.
- Se presentan al estudiante acertijos (objetivos alcanzables) que al ser resueltos le permitirán acceder a otras instancias o niveles del ambiente.
- Se brinda información a través de los diversos niveles de complejidad a los que se ve enfrentado el estudiante; dicha información se brinda dependiendo del tiempo utilizado y de los errores cometidos por los estudiantes.
- Se permite el aprendizaje de conceptos y el manejo de ciertas reglas en la solución de problemas algorítmicos.

El ambiente cuenta con *tres escenarios* para ello: el primer escenario, es el de un juego donde estudiante va encontrando retos (acertijos y laberintos) que debe ir superando y así poder pasar a otros estadios de un nivel; cuando ya se haya alcanzado un buen desempeño se tiene acceso a nuevos niveles.

El buen desempeño se va obteniendo a través de entender y aprender procedimientos, además de controlar y saber que acciones tomar ante las situaciones que se le presentan. Para ello se cuenta con un segundo escenario, el de simulación de algoritmos en el cual se dispone de:

- Tipos de datos:
  - enteros
  - caracteres
- Operadores:
  - aritméticos (+, -, \*, /)
  - lógicos (Y, O, No)
  - relacionales (=, <, >)
- Estructuras de control
  - Condicional
  - Ciclo condicional
  - Ciclo iterativo

Cuando se requiere de orientación se tiene a disposición el tercer escenario, que es el de ayuda donde el estudiante puede comprender cómo interactuar con el escenario, las herramientas a su disposición, y la información acerca de cómo superar un obstáculo que bloquea la solución de los problemas algorítmicos que se le presentan.

Los problemas algorítmicos a resolver son acertijos para los cuales el estudiante debe diseñar un algoritmo, teniendo a su disposición una serie de herramientas, las cuales aparecen o deben



buscarse dentro del mundo virtual (esto busca que el estudiante experimente con alternativas en momentos de bloqueo).

Las herramientas adicionales requeridas deberán buscarse dentro de laberintos donde se presentarán peligros y potenciales enemigos, con lo cual se generan situaciones de acción y tensión.

A medida que el estudiante interactúa con el ambiente de programación se va realizando un registro personalizado del tiempo que invierte y el número de errores que comete para resolver el acertijo. Dichos datos servirán para hacer una medida cualitativa del desempeño que va adquiriendo el estudiante al resolver problemas algorítmicos.

A través de la interacción con estos escenarios y con las características del ambiente mencionadas se busca mejorar el desempeño del estudiante en la solución de problemas algorítmicos, dicho desempeño será medido de acuerdo con la cantidad de errores que el estudiante vaya cometiendo, los cuales serán cuantificados comparando las acciones que se realicen con un modelo de errores y un modelo correcto.

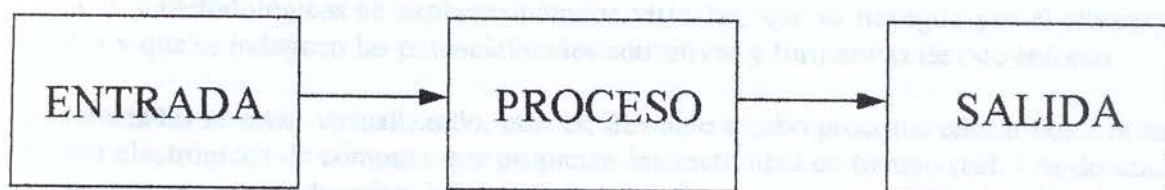
## REFERENCIAS

- [1] GALVIS P., Alvaro H. Ambientes de enseñanza-aprendizaje enriquecidos por el computador. En: Boletín de Informática Educativa. Vol. 1, No. 2, 1988. p. 117-139.
- [2] Gibbs, Wait. La crisis crónica de la programación. 1994. En: Investigación y Ciencia, Noviembre. p. 72-81.
- [3] Not, Louis. Las pedagogías del conocimiento. Santafé de Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 1994.
- [4] Polya, G. (1965). "Cómo plantear y resolver problemas: un nuevo enfoque del método matemático.". México: Editorial Trillas.
- [5] TUCKER, Allen B.; Cupper, Robert D.; Bradley, W. James; Garnick, David K. Fundamentos de Informática: Lógica, solución de problemas, programas y computadoras. México: McGraw Hill, 1994. p. 147-149.
- [6] TURKLE, Sherry. La vida en la pantalla: la construcción de la identidad en la era de Internet. Barcelona: Ediciones Paidós. 1997.





**Figura 1:** Esquema de solución de problemas



**Figura 2:** Modelo computacional



# FORMACIÓN DE DOCENTES VIRTUALES

*José Francisco Amador Montaña  
jfamador@hotmail.com  
Escuela de Administración de Negocios  
Facultad de Ingeniería*

## Resumen

La formación pedagógica de los docentes universitarios se está viendo afectada por las tecnologías informáticas y de telecomunicaciones que ingresaron a las aulas de clase. Ahora la capacitación docente exige, que además, de buenos niveles de conocimiento en teorías pedagógicas y metodológicas se exploren mundos virtuales, que se navegue por el ciberespacio con fluidez y que se indaguen las potencialidades educativas y formativas de este entorno.

Las universidades se están virtualizando, esto es, llevando a cabo procesos educativos a distancia por medios electrónicos de cómputo que propician interactividad en tiempo real. Los docentes se encuentran en un caos educativo-informático donde las nuevas generaciones de estudiantes utilizan estos medios con propiedad, virtualizando desde su presencia hasta sus sentimientos. Entre tanto los profesores se desgastan por lograr emplear esta nueva herramienta como apoyo educativo.

Un punto de partida para los docentes universitarios, para ingresar a esta generación de cibernautas, es la identificación de las características educativas de esta cultura en construcción, de los modos de comunicación e intercambio de los estudiantes que actualmente se integran a la sociedad mediante el uso de estas nuevas tecnologías. Otro aspecto es el de la adopción y creación de estrategias que favorecen el proceso de aprendizaje mediante las telecomunicaciones propiciando un espacio de trabajo académico natural y no de traumatismo y caos en los docentes. Por último, se observarán las características de estas tecnologías informáticas como apoyo del proceso de aprendizaje, visto más como un fortalecimiento de una cultura que como la adopción de nuevas tecnologías.

## EL COMPUTADOR COMO RECURSO EDUCATIVO



Hace algunos años contábamos con recursos educativos como el tablero, la tiza, las carteleras, los modelos atómicos, el televisor, la radio, la grabadora, la vídeo grabadora, el proyector de acetatos, el proyector de diapositivas, el proyectos de opacos y todos los elaborados por maestros y estudiantes. En los laboratorios de ciencias básicas si que se pueden ver recursos para demostrar la teorías que el profesor enseña, pues, en estos lugares se encuentran desde pipetas, hasta centrifugas para diferenciar los glóbulos rojos de los blancos. Y es allí donde la tecnología del recurso educativo tiene su máxima expresión ya que en otras áreas estos medios no son tan sofisticados, pero los profesores deben de forma creativa utilizar los pocos que tengan al alcance para llevar a los estudiantes de forma agradable el conocimiento y la formación que quiere dar a sus educando, es decir, los recursos educativos de mayor base tecnológica estaban en estos centros de ciencia y tecnología, además quienes daban clase utilizando estos aparatos contaban con aura propia y parecía que ellos eran los que hubieran elaborado estas tecnologías. Pero ocurría algo interesante y era que en clases de ciencias básicas los laboratorios le quitaban al profesor la necesidad de crear nuevas didácticas para explicar un fenómeno físico o químico, entre tanto los docentes de otras áreas tenían que ingeniarse todo tipo de ardides para mostrar su conocimiento a los estudiantes.

Pero, ocurrió algo increíble y fue el ingreso del computador al colegio. Este aparato generó toda clase de reacciones entre los profesores, desde aquel que se sentó a mirar los manuales de referencia de los componentes electrónicos y de algún programa que servía para procesar texto, hasta el que decía que una computadora no lo iba a superar. Otros pensaban sobre la posibilidad de ser reemplazados, otros la posibilidad de dejar a los estudiantes solos mientras se daba la clase con estos aparatos y disfrutar de algún tiempo libre. Aquí comienza todo un camino por recorrer y es el de responder algunas preguntas básicas sobre el uso del computador en la educación (¿cuándo? ¿dónde? ¿qué? ¿cómo? ¿para qué?), las respuestas a estas preguntas siguen latiendo entre los corredores académicos, y está bien que continúen transitando por estos lugares, para observar que es un tema que está en permanente evolución.

Claro, al cabo de algún tiempo, el computador a través de programas que facilitaban su manipulación se hizo amigable y muchos profesores lograron empezar a utilizarlo sin temores, sin la necesidad pertenecer al área de ciencias básicas, sin tantas horas de "cacharreo", y comienzan a encontrar que cosas tan elementales como las evaluaciones, los talleres y las guías de trabajo les quedaban mejor presentadas utilizando algún procesador de palabra y otras aplicaciones de autoedición. Entonces comienza una verdadera utilización del computador en los centros educativos, pues el profesor ya da comienzo a llevar sus notas en disco, procesadas en una hoja de cálculo. Y algo que no se preveía, ocurrió un cuello de botella a la hora de utilizar estos artefactos, porque un grupo muy grande de profesores deseaban hacer uso de este recurso, que hasta este, momento no se le daba una función educativa más que la de la elaboración de material impreso. Pero esta dinámica propició un espacio para que los planes de alfabetización y sensibilización dieran comienzo sin tantas angustias por parte de los profesores y los directivos de las universidades (estos últimos en su afán de actualización exigían el manejo de computador como una habilidad imprescindible al ejercicio de la docencia).

Empezaron a salir al mercado paquetes educativos, los cuales fueron evaluados por muchos docentes, algunos eran descartados por conductistas, otros por estar en un idioma distinto al nativo de los estudiantes y claro para dar uso a estos programas era necesario una fase de capacitación, pues, no había estándares para el manejo de programas. Unos tenían interfaces de



texto, otros manejaban ventanas y otros un híbrido de las dos. Cuando el programa llegaba a manos de los estudiantes muchas veces ellos ya los habían utilizado y eran unos "magos" a la hora de encontrar las respuestas [6] y el profesor notaba que sus 20 horas de capacitación se reducían a una clase donde los estudiantes terminaban de utilizar el programa. Claro en este momento se pensaba de forma lineal en el uso de estos recursos y los estudiantes aprendían esa línea y la ejecutaban con tal habilidad que resultaba algo innecesario utilizar el computador en el aula de clase o para dar un tema. Aún más, el uso de este recurso generaba toda clase de ruido y lo que es peor no se sabía si en verdad el estudiante había aprendido o había operado una serie de pasos para terminar el uso del programa. Afortunadamente esta práctica generó caos y se comenzó a repensar el uso del computador en el aula, entonces se empieza a observar este aparato como un recurso para hacer proyectos integrados, claro esto lo posibilita el advenimiento de sistemas que permiten la integración de programas, con sistemas operativos que dejaban llevar un trabajo elaborado en un programa a otro. Esta integración al comienzo fue bastante complicada, pues para hacerla se requería de saber una cantidad de pasos que parecía más toda una algoritmia de claves incomprensibles que solo un ingeniero de sistemas lograba realizar, pero esta angustia duró poco, pues, muy pronto se encontraban productos estandarizados que posibilitaban una integración real de aplicaciones y daban facilidad al usuario de elaborar proyectos integradores de conocimiento.

Pero no fue más que saliera al mundo la multimedia, cuando todos los distribuidores comienzan a promocionar esta nueva ampliación del computador como una herramienta al servicio del aprendizaje y claro, los computadores adquieren un nuevo estándar para la adquisición en los centros educativos, con multimedia era la medida importante para llevar este recurso a las aulas de clase. En este punto los profesores ya utilizan el computador para sus necesidades básicas en la elaboración de material, ya han utilizado paquetes educativos, es decir, ya han interactuado con el computador, ahora nace la etapa de la multimedia y con ella algo tan importante como nuestra forma de aprender y de pensar [4] -EL HIPERTEXTO - este concepto más que tecnológico en la medida que posibilita direccionar de un lugar a otro la secuencia de la observación de un tema haciendo clic sobre una palabra clave que con frecuencia está con otro color diferente al texto en general, es la opción de utilizar este recurso de forma no lineal, aquí los estudiantes exploran, no son conducidos por el programa, ahora el profesor debe necesariamente llevarlos a navegar por el conocimiento que en el programa se encontraba acumulado y presentado de forma multimedial. A esta altura de las cosas los profesores empiezan a encontrar que el computador posibilita la investigación y la interacción con el conocimiento. Por eso muchos de los programas comienzan a formar parte de las bibliotecas, porque ya este recurso se convierte más en una herramienta que permite apoyar el aprendizaje que en una herramienta que desplaza a los docentes o que conduce en su totalidad la clase.

Ahora el computador hace parte de la cotidianidad en la relación entre docentes y estudiantes, los primeros piden trabajos a los segundos bajo esquemas que sin la ayuda de estos aparatos sería muy complicado realizarlos, por ejemplo una presentación multimedial de una excursión o de una entrevista.

## INTERNET Y LA VIRTUALIZACIÓN



Todo iba muy bien en los centros educativos, los profesores entendían lo que era posible con la multimedia y de las características fundamentales que apoyaban los procesos de aprendizaje, aún más habían elaborado productos multimediales para presentar temas que sin la ayuda de este recurso resultaba más complicado, es decir, se comenzó a trabajar la simulación como recurso pedagógico para llevar el conocimiento a los estudiantes.

Pero, entre tanto apareció Internet [1], y con esta enorme red de redes toda una forma de vida, de aprender. Los estudiantes comienzan a utilizar este nuevo recurso que ya no se distingue de un teléfono, es decir, las comunicaciones están en manos de los estudiantes y permanecen ingentes horas interactuando con esta nueva forma de trabajar en el computador, ahora los profesores sienten la preocupación de cómo utilizar educativamente este recurso que por supuesto ya estaba en las aulas de clase, que los estudiantes daban claras muestras de empezar a dominar y que utilizaban con naturalidad, pero que no se le veía nada educativo, entonces claro, se comenzó con la formación de grupos de investigación, algo así como originar grupos de elite dedicados a trabajar sobre algún tema, además de propiciar la interinstitucionalidad. Pero los estudiantes ya estaban trabajando interinstitucionalmente, para ellos no resultaba significativo entrar a crear grupos especializados cuando ya los tenían y eran los que a través de la dinámica del correo electrónico habían creado, es decir, los jóvenes ya tienen definidas sus tendencias en materia del uso de Internet, a ellos les gusta el correo porque es una forma de entablar comunicación con tiempos de espera, pero les agrada sobremanera la comunicación en tiempo real, a través de los "chats" [2]. Esto ha permitido que ellos como internautas comiencen a generar una cultura muy especial, pues, ellos hacen amistades con las cuales tienen relaciones sociales, afectivas y sensoriales, a decir verdad ellos están virtualizando su presencia.

Este panorama da una muestra clara, por qué la generación de grupos tan especializados como los quiere el profesor lleva a que los estudiantes no encuentren sentido al uso de Internet. Además, en las universidades se encuentra la angustia de que los estudiantes tienen sesiones chat demasiado prolongadas y que no están estudiando, que "no utilizan correctamente el computador e Internet", pero lo que están haciendo es aprendiendo a vivir en los próximos años donde su forma de trabajo será virtual.

Y los profesores tienen un nuevo reto, que es el de virtualizar su presencia y llevar a cabo procesos de aprendizaje, aún más procesos de formación de estudiantes. Entonces aquí empieza otro camino por recorrer y es el de interpretar esta cibercultura, en la cual los participantes, están acostumbrados a "recibir todo a cambio de nada", les agrada la información actual y que les permita acceder a nuevos mundos virtuales, no les agrada ser invadidos por la publicidad masiva [3], menos por una orientación educativa lineal.

Si se observa a un estudiante interactuando con Internet es posible encontrar que a un mismo momento tiene abierto un procesador de palabra donde está haciendo un informe, a la vez está jugando con un programa, entre tanto tiene abiertas dos ventanas más que lo mantienen conectado a Internet, una con un "Chat" donde está participando de una conversación con un grupo de aficionados del fútbol y en la otra con un motor de búsqueda encontrando información acerca de un tema que su profesor de física le colocó en clase [5]. Como se puede apreciar este nuevo estudiante además de saber interactuar con el computador lo superutiliza y adquiere cada día más capacidad para aprender en espacios virtuales y "caóticos", porque su atención está volatilizada, pero realiza cada una de las actividades que se propone.



Entonces uno de los caminos que debe recorrer el profesor es el de entender estas características de sus estudiantes, aprovechar que ellos ya saben virtualizar sus formas de aprender y de socializarse. Por eso hay que generar estrategias de motivación, que logren captar la atención de los estudiantes, para que después naveguen por el ciberespacio y empiecen a encontrar sus propias teorías acerca de la realidad que cada día es más virtual.

Como se puede observar, las nuevas tecnologías traen retos educativos que los docentes deben enfrentar comprendiendo que sus estudiantes han nacido en entornos digitales y que por lo tanto tendrán como tecnología opaca estas tendencias que para el docente es una innovación que le trae complicaciones. Por eso es fundamental que la formación de docentes virtuales haga énfasis en el estudio de las características de la tecnología y su posibilidad educativa, de las ciberculturas, el reconocimiento de las habilidades que deben tener los que ahora son estudiantes y que serán en un futuro próximo, personas que actuarán en entornos virtuales y que sus oficios estarán en los ciberespacios.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] AMADOR MONTAÑO, José Francisco y ROJAS MONTERO, John Alexander. "Internet: alternativa educativa". En: Revista Escuela de Administración de Negocios. Santafé de Bogotá: No. 32, Septiembre - Diciembre, 1997. p. 43-47.
- [2] AMADOR MONTAÑO, José Francisco y ROJAS MONTERO, John Alexander. "Internet. Qué es y cómo funciona". En: Revista Escuela de Administración de Negocios. Santafé de Bogotá: No. 36, Enero- Mayo, 1999. p-30 -38
- [3] CLEMENTE, Peter. "El estado de la net: la nueva frontera". Santafé de Bogotá: McGraw - Hill, 1998
- [4] LANDOW, George P. "Hipertexto", Barcelona, Editorial Paidós, 1995.
- [5] TURKLE, Sherry. La vida en la pantalla: la construcción de la identidad en la era de Internet. Barcelona: Ediciones Paidós. 1997.
- [6] TAPSCOTT, Don. "Creciendo en un entorno digital. La generación net", Santafé de Bogotá, Mac Graw Hill, 1998.



# MODELO PEDAGÓGICO CIBERNÉTICO- INVESTIGATIVO

Clara Inés Buriticá Arboleda  
Universidad Autónoma de Colombia

## RESUMEN

Los atributos básicos para la creación de ambientes de aprendizaje significativo dentro de la educación superior, están determinados en esencia por los modelos pedagógicos que los agentes de los procesos docente-educativos hayan interiorizado a partir de su práctica cotidiana, empírica y/o teórica. Sin embargo, los atributos deseables de esos ambientes, están determinados fundamentalmente, por la adquisición de conductas propensas a la adaptación a los cambios, en virtud a que el futuro se prevee como una sucesión de ellos; en consecuencia, el modelo pedagógico debe estar centrado en el aprendizaje tanto de las capacidades para aprender a aprender, como en desaprender lo desueto. Este modelo debe reflejarse tanto en la dimensión de los procesos cognitivos, valorativos, psicomotores y comunicativos de los individuos, como en los procesos didácticos del aula, y, en los procesos organizativos institucionales.

En consecuencia, las instituciones que sustenten este tipo de procesos deben ser organizaciones aptas para el aprendizaje en sí mismas. Estas organizaciones tienden a emular las características funcionales del cerebro y convertirse en una organización inteligente.

El modelo pedagógico cibernético investigativo pretende recoger la realidad compleja e inteligente de la institución universitaria para analizarla a través de los modelos propuestos por el paradigma de cibernética organizacional de S. Beer y de las escuelas pedagógicas sistémica problémica de los cubanos y de la sistémica investigativa de R. Porland.

El trabajo presentado pretende esbozar la concepción teórica del modelo cibernético-investigativo y las fases iniciales de su aplicación en el sistema posgradual de la Universidad Autónoma, particularmente en los posgrados de Ingeniería, que propende por el desarrollo de creatividad, y capacidades de innovación, adaptación y autoregulación de la comunidad académica.

## ANTECEDENTES

Las Instituciones sociales como sistemas complejos, abiertos, autogobernados, están en la búsqueda y tarea permanente de responder y corresponder funcionalmente a la sociedad actual y su dinámica, caracterizada por profundos y vertiginosos cambios. Estos cambios están motivando e impulsando a su vez, procesos de reflexión en el seno de estas instituciones, en particular en el de las instituciones educativas, cuya función social es la de conservar, reproducir y desarrollar la cultura. La Universidad como institución de Educación superior, no es la única



que lleva a cabo esta labor, pero potencia en última instancia y en mayor grado a los agentes de cambio; así, mediante procesos docente-educativos lleva a cabo la formación y superación continua y permanente del capital humano, futura dirección de la sociedad. Y mediante los procesos de investigación y extensión, influye decididamente en el progreso de esta.

La Universidad tiene como funciones, las siguientes: docencia, investigación, extensión o proyección social, bienestar, administración y finanzas, y, acreditación. El desarrollo de estas 6 funciones con coherencia, calidad, eficiencia y pertinencia, le permitirá a la Universidad alcanzar, en el curso de su VISION, su MISIÓN; y, por ende, los objetivos o fines que la ley específica para el Sistema Educativo Superior Colombiano y el de las instituciones que lo integran; además de responder y satisfacer expectativas, retos y desafíos que la sociedad, correspondiente a su momento histórico, le plantea.

Las funciones de la Universidad son elementos del sistema que se relacionan con otros elementos, interactúan entre sí de manera holística y configuran la llamada simbiosis funcional, que le implica a la Universidad otro atributo: el de ser un sistema integral.

Al centrar nuestra atención en la Universidad Autónoma de Colombia FUAC, como objeto de estudio, y, con la intención e interés en caracterizarla con todas sus particularidades a través de un modelo (sistema abstracto de conocimientos sobre la FUAC como un todo), se hace necesario e imprescindible considerar la información pertinente de contexto, exógena y endógena, así:

- \* Histórica. Movimientos, tendencias y modelos que inspiraron la creación de la FUAC, y que direccionan su desarrollo histórico.
- \* Social. Características del medio social contemporáneo que influyen en la FUAC.
- \* Institucional. A nivel interno, características propias de la FUAC que influyen y afectan su devenir. Además, plan de desarrollo y análisis de sus escenarios futuros, que darán las bases prospectivas al modelo.

Al reflexionar sobre esta información se verifica la existencia de varios factores de diferenciación que le dan su identidad a la FUAC, en el universo de las Instituciones de Educación Superior. El estudio y reconocimiento de estos rasgos característicos, el de su presencia continua en todos los procesos de la FUAC y el de su práctica educativa de 28 años, permiten hacer una aproximación inicial al planteamiento y formulación del MODELO PEDAGOGICO CIBERNETICO INVESTIGATIVO. Este modelo está en construcción, no es un modelo acabado; muy por el contrario, en la actualidad es menester generar los espacios de reflexión y elaboración, para dar el salto cualitativo del modelo pedagógico vigente que es de carácter intuitivo, ya que representa la realidad de una práctica empírica, a un modelo pedagógico con una base científica en desarrollo, a través del cual en la medida que sea apropiado, interiorizado y compartido por toda la comunidad académica, pero especialmente por los agentes de los procesos docente - educativos, influirá positivamente en el devenir de la Universidad, y, enriquecerá la práctica pedagógica institucional, haciéndola más racional y consciente y lo que es fundamental, con una base científica.

El modelo pedagógico de la Universidad Autónoma de Colombia, FUAC, tiene su base inicial en la llamada pedagogía tradicional. En el transcurrir de sus 28 años, su práctica continua y cotidiana, se ha visto penetrada por saberes pedagógicos (que apenas empiezan a ser contextualizados en una reflexión teórica) que la nutren y la transforman. La enriquecen además sus agentes: profesores, estudiantes y comunidad académica en general, mediante sus experiencias, vivencias, reflexiones y elaboraciones individuales y colectivas.

El nacimiento legal de la FUAC data del 24 de septiembre de 1971. Sus Fundadores, caracterizados como un grupo amplio y diverso de profesores universitarios, estudiantes y trabajadores vinculados a la Educación Superior, soñaron y sentaron las bases para esta su «UNIVERSIDAD DE NUEVO TIPO». En sus principios y estatutos consagraron su vocación, la



cual, a su vez, le da su identidad: ser gobernada y administrada preferencialmente por personas de su propio seno; orientarse no sólo hacia la conservación y transmisión de conocimientos, sino también hacia la investigación científica; permanecer vinculada al medio cultural, social y económico, y, estar en continua comunicación e intercambio con los diferentes sectores del gobierno, la producción y el consumo; propiciar la participación activa de la comunidad académica en toda la actividad universitaria; ejercer libre y responsablemente la crítica, la cátedra, la enseñanza-aprendizaje, la información, la expresión y la asociación; promover la protección y el aprovechamiento racional de los recursos naturales, como condición fundamental del derecho a la vida de las generaciones humanas presentes y futuras; orientar la formación de la comunidad en el respeto y defensa de los derechos humanos, de la paz, la democracia, la solidaridad, la tolerancia y el pluralismo cultural, ideológico y político.

El modelo pedagógico de la FUAC, tiene hondas raíces en los objetivos institucionales, se destacan: vincular la investigación a la docencia en procura de un espíritu crítico, que dote al estudiante de capacidad intelectual para asumir con plena responsabilidad las opciones teóricas y prácticas encaminadas a su perfeccionamiento personal y desarrollo social; propiciar todas las formas científicas de buscar e interpretar la realidad, cumpliendo la función de reelaborar, permanentemente y con flexibilidad, nuevas concepciones de organización social; Los programas de la FUAC estarán abiertos a todos los adelantos de la investigación científica y de la tecnología; la educación que imparta tendrá carácter democrático, no podrá estar limitada por consideraciones de raza, credo, sexo o condiciones económicas y sociales; el estudiante tendrá plena libertad de acceso a todas las fuentes de investigación científica y utilizar esa información en el incremento y profundización de sus conocimientos; y, en especial, «Estimular la creatividad, las capacidades metodológicas y la independencia cognoscitiva de sus educandos, como premisas de su autonomía intelectual, mediante la aplicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los desarrollos científicos de la pedagogía y la didáctica de las ciencias.

Las funciones y algunas características generales de la FUAC, se reproducen y manifiestan en otros subsistemas de la Institución, tal es el caso del SISTEMA POSGRADUAL DE LA FUAC; y dentro de este son igualmente válidas para cada una de las especializaciones, llegando hasta los mismos procesos docentes-educativos, donde también se pueden verificar. En teoría de sistemas, a este principio se le denomina RECURSIVIDAD, y, el conjunto de funciones y características que se repiten se comportan como células o patrones, que al aumentar en número, relaciones e interacciones, hacen más complejo al sistema.

Desde su creación la FUAC contempla en sus estatutos «Llevar a cabo programas de pregrado y de posgrado en los campos de Educación Superior. Mediante acuerdo No.215 de noviembre 28 de 1994, el Consejo Directivo crea y reglamenta el Sistema Posgradual de la Universidad Autónoma de Colombia. Sistema donde se llevarán a cabo las actividades académicas de formación avanzada posgradual de docencia, investigación y extensión universitaria. A fines de 1992 el Consejo Directivo aprueba el Plan de Desarrollo, 1993-1995, consistente en «ESTRATEGIAS PARA UNA DINAMICA INSTITUCIONAL EN LA FUAC». Entre sus propósitos se plantea que «la Fundación Universitaria Autónoma de Colombia (FUAC) requiere, después de sus veinte años de creación, del desarrollo de nuevos programas que le permitan, de una parte, reestructurar su imagen y ampliar su influencia en aquellos sectores más permeables a sus principios ... Es en este orden, como la Institución ha considerado la necesidad de buscar un desarrollo académico horizontal y vertical...». Después de año y medio de planeamiento y diseño se monta el primer programa de posgrado en la Universidad, en la Facultad de Derecho, la especialización en Derecho Público bajo la modalidad semipresencial, en el primer semestre de 1994. En el año de 1995 se pusieron a funcionar 4 programas de especialización: Derecho Público presencial; Edumática, Informática para Gerencia de Proyectos, y Derecho penal y



Criminológico, en la modalidad semipresencial. En el año de 1996 se montaron 4 nuevos programas bajo la modalidad semipresencial: Informática para Gestión Educativa, Planeamiento Energético, Soluciones y construcciones telemáticas, y Pedagogía y Cultura Constitucional y Democrática. En el segundo semestre de 1996 se abrió la sede de Santa Marta, con el funcionamiento de los programas de especialización de Edumática y Pedagogía y Cultura Constitucional y Democrática.»

Desde su concepción el sistema posgradual de la FUAC, contaba con características organizativas muy diferentes al sistema de pregrado (de trayectoria reconocida y consolidada), pero que recogían los principios, estatutos y tradición de la Universidad en una nueva interpretación y con el firme propósito de contribuir a la modernización institucional y a su crecimiento horizontal.

## **MODELO DE PLAN DE ESTUDIOS**

A nivel posgradual es posible pensar en estructuras académicas en las que docencia, investigación y proyección social (extensión) se hallen estrechamente vinculadas en una relación que haga posible la transformación de los escenarios educativos. Los núcleos temáticos en el diseño de plan de estudios hacen posible el trabajo interdisciplinario ya que propician la convergencia de las diversas miradas disciplinares ante una misma situación problemática y la superación de los enfoques insulares que impiden la comprensión sistémica de todo fenómeno.

El módulo es una unidad académica organizativa del plan de estudios. Cada módulo es autoreferenciado, de secuencialidad flexible, en la medida que posibilitan abordar con integralidad un núcleo temático o problemático. Su intencionalidad se basa en la formación integral: conceptual, psicomotriz (habilidades), valorativa, comunicativa y vivencial. Puede adoptar también la forma de una asignatura (contenido disciplinar) o de un proyecto, tanto de proyección social como investigativo. El módulo en sí mismo, dentro de una concepción de universidad abierta, puede ofrecerse como curso de extensión. (ver APENDICE A)

## **MODELO PEDAGOGICO CIBERNETICO-INVESTIGATIVO**

**Paradigma.** PARADIGMA CIENTIFICO, concepciones científicas que fundamentan y orientan el modelo. Entre ellas están: epistemología, psicología, sociología, antropología, filosofía, pedagogía, cibernética, ciencias de la información y las comunicaciones y teoría de sistemas. PARADIGMA COTIDIANO, concepciones que partiendo de la cotidianidad, se generalizan y socializan. Sirven para explicar fenómenos. Partimos fundamentalmente de una nueva visión de fenómenos y procesos educativos, que implica necesariamente concepciones, renovadas y recontextualizadas al estado del arte, de la naturaleza de la inteligencia, el aprendizaje, la información, el conocimiento, la comunidad, la institución educativa, el estudiante, el profesor, los medios y recursos didácticos, los nuevos objetivos educativos y la dirección.

La universidad es una realidad social, compleja, singular y diversa. SOCIAL, porque es una organización de seres humanos (cada ser, agente activo de esa realidad, es activo, consciente, creador, modificable, educable, capaz de trascender su propia realidad y orientar todos sus comportamientos hacia metas, tanto esperadas como inesperadas e impredecibles); porque su origen es de carácter social, surge y se realiza por necesidad de la sociedad; y su fin es social, dirige la formación y preparación de los agentes de cambio: dirigentes, profesionales, artistas, creativos, etc. COMPLEJA, debido a la existencia de múltiples dimensiones dadas simultáneamente y presentes en la red de interacciones que organiza esa realidad, con presencia de objetivos teleológicos, en torno a la reconstrucción y desarrollo del conocimiento y de la cultura humana general. SINGULAR, cada aula, cada ambiente educativo generado por la institución, presenta unas características que le son propias, producto de su historia peculiar; sin embargo, en ellos están presentes procesos pedagógico-didácticos, cuyas variables operan funcionalmente en torno a la consecución de los objetivos y en correspondencia a su dinámica



histórico-social. Estos procesos pueden ser conocidos, modelados e investigados. DIVERSA, porque distintos seres se relacionan, se implican e interfieren en interacciones coordinadas, complementarias, concurrentes, antagónicas, subordinadas e inciertas.

Nuestra vocación hacia la FORMACION INTEGRAL atiende la transdimensionalidad en el hombre y considera la existencia de sus múltiples inteligencias que lo hacen el ser más adaptable y transformador de la naturaleza.

**Función de la Universidad.** Organización educativa que aprende y se adapta al cambio, a través del fortalecimiento de las operaciones de análisis, la formación de un pensamiento sistémico global, el desarrollo de la habilidad para trabajar cooperativamente con los agentes del proceso y con la exigencia de formar profesionales más democráticos, participativos, equitativos, creativos y adaptables, dentro de un proceso continuado, cuya razón de ser son las actividades del proceso docente-educativo y su interacción con la comunidad académica.

**Función del profesor.** Facilitador del aprendizaje mediante la regulación del flujo de información del proceso académico-educativo: perfecciona los procesos comunicativos interindividuales y grupales, orienta la selección de información potencialmente más significativa en cada momento. Investigador en el aula. Diseña en forma de hipótesis la programación del proceso docente-educativo, desde la perspectiva didáctica. Reconoce en sus grupos de estudio la complejidad, variedad y diversidad; potenciando individualidades, creando sinergia y generando oportunidades de transformación efectiva y creativa de los agentes y de su entorno. Evalúa la puesta en práctica del diseño del proceso docente-educativo, como principal responsable del desarrollo de lo planificado. Incrementa la riqueza del proceso docente-educativo, en cuanto a su estructura, relaciones internas y relaciones con otros sistemas.

**Función del estudiante.** Autoaprendizaje. Autoformación. Autoregulación. Interacción cooperativa en: determinación del plan, determinación de los objetivos, regulación de la motivación y participación en la evaluación

**Objetivos.** Los objetivos se constituyen en el elemento del proceso docente-educativo que mejor refleja el carácter social de este proceso. La sociedad se propone formar un profesional que posea determinadas características, de ahí que se establezca la imagen, que como modelo, precise estos propósitos y los objetivos como variable y componente pedagógica, tienen la función de orientar y organizar el proceso docente-educativo para el logro de este fin. Por ello es vital generar los espacios para su debate abierto, su elaboración colectiva y compartida, su ajuste permanente y la convicción de su complejidad. Los objetivos pueden manifestarse difusos en escenarios pletóricos de intereses y valores; pero de igual forma teleológicos, es decir, fijados consciente, deliberada y autónomamente por la organización o por algún subsistema, a un nivel de recursividad menor, de esta.

En la dinámica real del proceso, las relaciones e interacciones entre todas las variables y elementos que lo constituyen, determinan comportamientos que requieren de seguimiento, control y regulación, mediante ajustes a las variables, inclusive a los mismos objetivos; esto determina la retroalimentación del proceso, y, por ende, su posibilidad de autoregulación. (ver APENDICE B)

Es importante destacar la función valorativa de los objetivos, ya que indudablemente, ellos constituyen los criterios esenciales en el análisis de la efectividad y eficacia del proceso docente-educativo, mediante la evaluación de este. Sin estos criterios o patrones, sería imposible conocer los éxitos, aciertos y desaciertos en la formación integral acometida.

Como variable rectora del proceso, los objetivos tienen el carácter de hipótesis a comprobar, ellos deben establecer el vínculo entre la problemática científica, la ideológica y la social, buscando la formación de una conciencia global sobre el lugar del hombre en la naturaleza y sobre el papel de lo social en la determinación del conocimiento.



**Contenidos.** Es otro elemento complejo del modelo, es el medio fundamental de la formación integral, es la concreción del perfil integral que se quiere alcanzar con el desarrollo del proceso docente-educativo. El contenido es una parte de la cultura que integra conocimientos, modos de pensar, actuar y sentir, y valores personales y sociales, que se seleccionan con criterios pedagógicos con el propósito de alcanzar los objetivos formulados y programados. Debe ser integrado en un sistema de conocimientos (información previamente procesada y acumulada por cada estudiante; información que emana de fuentes tales como libros, apuntes de clase, apuntes multicopiados, revistas, redes de comunicación, etc; información verbal y no verbal que emiten los profesores, estudiantes y comunidad académica en su interacción), de habilidades y destrezas (información procedente de aspectos de la realidad socio-natural, directamente estudiados), y, de valores (información contenida en los ambientes educativos de la comunidad académica de la Universidad, en los métodos de trabajo, en los recursos instrumentales empleados; información que fluye a través de los canales de comunicación e interacción entre los agentes del proceso y de estos con su entorno).

**Método.** En un sentido más concreto el modelo sistémico obedece a un enfoque plurimetodológico soportado en que la validación de los hechos se consigue por la comparación del modelo con la realidad. Nos interesa que el estudiante enfrente situaciones nuevas y aprenda a formularlas y a tratarlas y que, de igual manera, el profesor se encuentre capacitado para la orientación de las mismas, es por ello que el método investigativo se constituye en una sólida herramienta para este modelo.

**Medios.** La selección de medios es una tarea que hasta el momento no revestía mayor importancia. Sin embargo, este modelo propende por hacer uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, a fin de aprovechar los desarrollos científicos, generando así, mejores oportunidades, mayor cobertura y desarrollo y propiciando la optimización del tiempo y el espacio. Nuestra tendencia es hacia un nuevo paradigma, el de la virtualidad. La selección y utilización de medios debe estar inmersa dentro de las posibilidades dadas para alcanzar los objetivos propuestos y facilitar la asimilación y apropiación de los contenidos; pero siendo muy conscientes y teniendo siempre presente, el impacto de los medios y la forma como son percibidos por diferentes grupos o individuos, de acuerdo a sus perfiles previos.

**Formas de organización.** Las formas de enseñanza, su organización y estructuración son imprescindibles para el logro de los objetivos y fundamental en el propósito de desarrollar procesos docente-educativos efectivos y de calidad académica. Las formas organizativas adoptan características de actividades teleológicas o espontáneas que se manifiestan en el desarrollo de criterios de planeación reflexiva o de acción repetitiva. Estas tienen carácter sistémico e integral. Sistémico porque establecen las interacciones entre las diferentes componentes del proceso, incluida la actividad racional de los agentes en el tiempo y en el espacio, que posibiliten las mejores oportunidades en la apropiación de conocimientos, el desarrollo de habilidades y la validación y sensibilización valorativa. Integral porque obedecen a una relación de componentes con funciones estrechamente vinculadas a procesos académicos, de investigación y laboral en la búsqueda de procesos docente-educativos de excelencia y efectividad. Las formas de organización en este modelo deben tener las siguientes características:

- \* Flexibilidad. Consideración de los diferentes ritmos de trabajo y aprendizaje entre individuos y grupos. Horarios flexibles para el trabajo en equipo.
- \* Cooperación sinérgica. Trabajo en equipo 3 a 5 miembros. Agrupamientos funcionales y diversos de acuerdo a las actividades a desarrollar.
- \* Autonomía. Relaciones de poder democráticas, respetuosas de las minorías y participativas, basadas en el pluralismo y la equidad.



- \* Coherencia. Basada en la responsabilidad del profesor por el desarrollo de lo programado y lo propio a nivel del programa y de la Universidad.
- \* Comunicación. Toda organización social es un sistema de información en sí mismo, el proceso académico-educativo es una forma de organización social, donde la información es un insumo del proceso.

El CREDITO se ha concebido como una forma de organización del trabajo académico, como un criterio de medida de dicho trabajo y como una estrategia para la materialización y operativización de las diferentes modalidades.

**Evaluación.** De sus resultados bebe el sistema para la orientación o la reorientación del proceso docente-educativo, mediante la retroalimentación, transformación y adaptación de los objetivos. La evaluación en este modelo es de carácter continuo y progresivo: continuo porque es un seguimiento y control permanente; y, progresiva porque mediante la regulación del proceso y la información obtenida de la evaluación se verifican logros y propósitos alcanzados y se pautan y acometen unos nuevos. Debe plantearse en mínimo 3 niveles: de los estudiantes (evaluación del aprendizaje); de los profesores (evaluación de la enseñanza) y del programa académico y su comunidad. La evaluación del aprendizaje permite el control y la valoración de los conocimientos, habilidades y valores que los estudiantes adquieren como resultado de su actividad e interacciones en el proceso docente-educativo; así como del proceso mismo de su adquisición. En términos generales, la evaluación cumple varias funciones así:

- « Función de retroalimentación. Proporciona información sobre la marcha del proceso, brinda información sobre la asimilación y apropiación de los contenidos por parte de los estudiantes, sobre sus cambios cualitativos. El cruce de estas informaciones determinará la necesidad de modificar, reforzar o reorientar el proceso docente-educativo.
- « Función formativa. En dos sentidos: instructiva, porque su continuidad y periodicidad estimulan al estudiante a estudiar sistemáticamente. Y, educativa, porque sensibiliza y concientiza al estudiante de su responsabilidad consigo mismo y con la sociedad, ello lo motiva hacia la superación permanente, poniendo todo su empeño y voluntad.
- « Función de comprobación. Nos informa sobre el grado de cumplimiento de los objetivos. Permite comprobar: si los estudiantes han alcanzado la preparación esperada, conforme a los objetivos propuestos; la efectividad de la enseñanza; la calidad del programa académico, ya que el estudio y análisis sistémico, sistemático y continuo de las evaluaciones en diferentes niveles, nos permite conocer características de la marcha del programa, de su funcionamiento, armonía, coherencia; y, la pertinencia, solidez y consolidación de la comunidad académica.

**El Tiempo y Espacio.** Son modos de existencia del proceso de enseñanza-aprendizaje. Las interacciones e interrelaciones que se producen entre las variables y los agentes del proceso determinan entonces las formas y modalidades espacio temporales del proceso docente educativo. Las modalidades presencial, semipresencial, desescolarizada y virtual concretan algunos escenarios espacio-temporales.

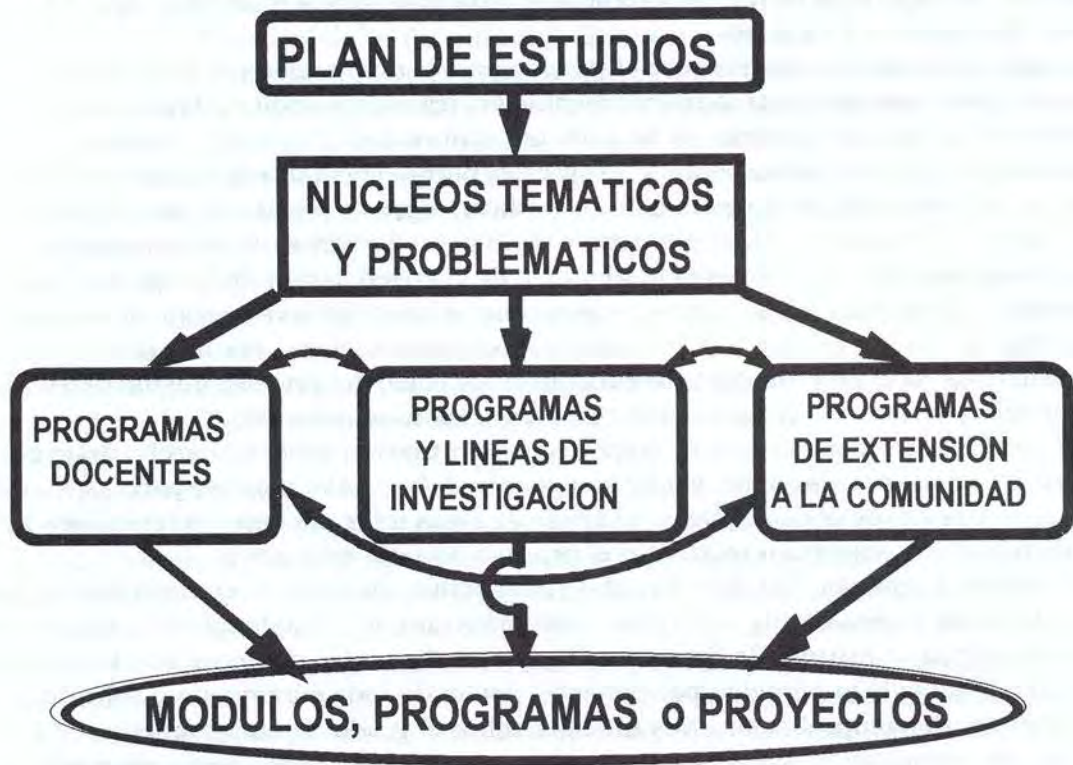
## Bibliografía.

1. GRUPO DE PEDAGOGIA SISTEMICA. Modelación de Sistemas Educativos. FUAC, Santafé de Bogotá, D.C. p. 150.
2. STAFFORD BEER. Diagnosing the System for Organizations. Jhon Wiley & Sons. 1981.
3. I.B. NOVIK. Cibernética. Ciencia y Práctica. Argentina 1967.
4. ROSS ASBHY. An Introduction to Cybernetics. Argentina 1972.
5. CARLOS ALVAREZ DE ZAYAS. La Escuela en la Vida. La Habana 1992.
6. P.K. ANOJIN. Psicología y la Filosofía de la Ciencia. Metodología del Sistema Funcional. México, 1987.



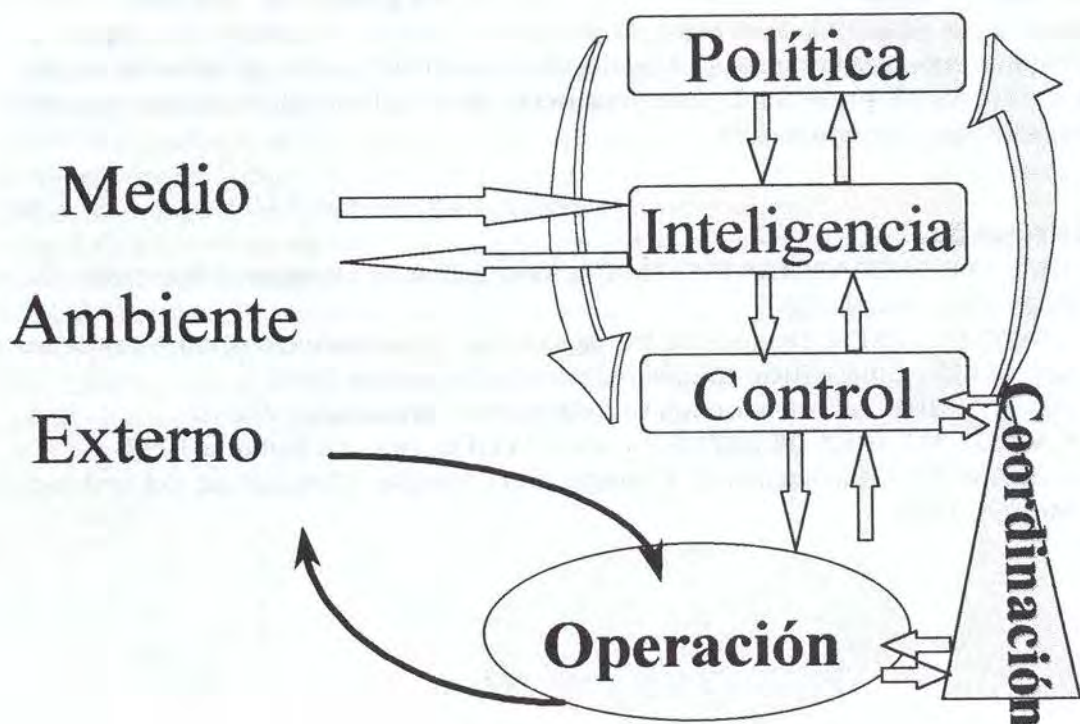
## APENDICE A

### MODELO CURRICULAR DE LOS POSGRADOS



## APENDICE B

### MODELO DEL SISTEMA VIABLE





# MODELO INTELIGENTE DE ACREDITACIÓN PREVIA DE LOS PROGRAMAS DE FORMACIÓN EN TECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COLOMBIA

Ing. MSc. Carlos Arturo Ramírez Escobar  
Email: [dinem @ cable.net.co](mailto:dinem@cable.net.co)

## RESUMEN

El proceso de Acreditación previa ha sido establecido en Colombia, inicialmente, para los programas de educación, a partir de la promulgación del Decreto 272 de 1998. El Consejo Nacional de Acreditación, CNA, ha establecido los criterios aplicables para este tipo de acreditación; la cual, se concreta en 26 requisitos aplicables a las instituciones y programas.

La Universidad Autónoma de Colombia posee 2 programas de especialización de formación de formadores en el área tecnológica. Ellos tienen que ver con la informática educativa en 2 de sus aplicaciones de mayor importancia para la formación de educadores; ellas corresponden a la aplicación de la informática a la didáctica, a través del programa de Edumática, y la aplicación de la informática a la Gestión Educativa.

El proceso de acreditación previa, a diferencia del de acreditación voluntaria, posee carácter obligatorio y punitivo. Sin embargo, la concepción aceptada por la Universidad Autónoma, es que debe ir acompañado por un proceso de formulación de un proyecto académico, que guíe los derroteros de construcción de la comunidad académica, en el afán de alcanzar escenarios futuros de gran pertinencia social y excelencia académica de los programas ofrecidos.

En consecuencia, otra de las diferencias conceptuales de la acreditación previa es su carácter apriorístico (prospectivo) del proceso, ante el ya conocido, carácter de rendición de cuentas (histórico) a posteriori de la acreditación voluntaria.

Planteada de esta forma, la acreditación previa se convierte en una acreditación de proyectos de futuro de las actividades académicas, donde los requisitos para su consecución se constituyen, en sí mismos, en indicadores de gestión, de obligatoria guía en la consecución de los escenarios deseados, partiendo de las competencias y fortalezas actuales. Con este marco la Universidad Autónoma viene desarrollando un modelo de acreditación propio, basado en las concepciones de la planeación por escenarios de futuro, ayudados por herramientas computacionales de simulación en Dinámica de Sistemas (software *ithink*).



Este modelo permite tanto la consideración de variables "blandas" como "duras" y su interacción en el tiempo. Además, permite la construcción de escenarios futuros examinando las diferentes trayectorias, a partir de las sensibilidades efectuadas a las variables que influyen en los indicadores de gestión, que para el caso corresponden a los requisitos de acreditación.

De esta manera el modelo de acreditación se convierte en sí mismo en una herramienta de aprendizaje organizacional y pedagógico, que coadyuva en la construcción de una organización inteligente.

## ANTECEDENTES

Asistimos a profundos cambios en el modo tecnológico y cultural de las relaciones entre los hombres. Estos cambios han posibilitado procesos intensivos hacia la globalización económica; fenómeno este que implica igualmente la tendencia de formación de una cultura humana globalizada sin embargo, la globalización no puede apreciarse, únicamente, como un fenómeno uniformizador de la cultura, sin desarrollar las apreciaciones multidireccionales y diversas que subyacen en un mundo de creciente complejidad.

La educación superior, como actividad regeneradora y creadora de cultura, posee en sí misma tendencias de expansión cuantitativa, restricción de la financiación y recursos e internacionalización<sup>1</sup>.

Los modelos educativos mundiales basados en concepciones relativamente estáticas y simplificadas de la educación han entrado en crisis. Se imponen modelos de mayor adaptabilidad a un mundo cambiante; que posean en sí mismos inteligencia que logren no solamente la reproducción e interpretación de la cultura; sino, que sean verdaderos agentes de cambio y creación de nuevas formas y valores culturales, de mayor pertinencia al medio y a los propósitos del desarrollo humano sostenible.

En Colombia poseemos un marco de desarrollo nuevo a partir de la Constitución Política de 1991, que presupone una lectura más acorde a nuestros tiempos de la educación y la cultura. Este enfoque se ha ido materializando a través de marcos jurídicos participativos y modernizantes como lo son la Ley 30 y la Ley 115.

Muchos pensadores a nivel nacional e internacional plantean que estamos ad portas de una sociedad donde se privilegiará el conocimiento, incluso como factor de riqueza. En consecuencia, la educación como regeneradora de este conocimiento, es situada como factor de supervivencia de primer orden para los pueblos que aspiran a vivir en el futuro.

Fruto de las anteriores y otras convicciones de orden local, se ha venido planteando en Colombia, la urgente necesidad de elevar la calidad y pertinencia de uno de los agentes esenciales del proceso docente-educativo: los maestros. Para el efecto se diseñó un proceso especial de acreditación, para aquellos programas formadores de educadores, donde no se tratase de rendir cuentas sobre procesos ya efectuados; sino, que previamente al desarrollo de esos procesos, las comunidades académicas, y las Instituciones Educativas comprometidas en la formación de los educadores, reflexionarán y explicitarán en procesos de futuro, sus propósitos y modelos educativos que iban a anteponer ante sí y ante los maestros en formación, con el fin de lograr los cambios anhelados en el sistema educativo colombiano.

De esta manera, se expidieron los Decretos 3021 del 19 de Diciembre de 1997 y 272 del 11 de febrero de 1998. Este último establece los requisitos de creación y funcionamiento de los



programas académicos de pregrado y posgrado en Educación, ofrecidos por las universidades e instituciones universitarias.

A partir del año 1995 la Universidad Autónoma viene ofreciendo 3 programas de especialización en Educación. Ellos son en orden de aparición: Edumática, Informática para la Gestión Educativa y Pedagogía, Cultura Constitucional y Democrática.

Estos programas partieron de la necesidad de llenar vacíos cognitivos, exigidos por el medio a los educadores, referentes a saberes específicos de las áreas de Informática, Gestión, Derecho, Didáctica y Pedagogía. Se desarrollaron bajo la visión de un nuevo modelo pedagógico que admitía la interdisciplinariedad para afrontar la creciente complejidad. Como estrategia metodológica se adoptaron preceptos de la pedagogía intensiva, desarrollada a través de la modalidad semipresencial.

Así, con este marco y con la concepción desarrollada por el Profesor Pedro Pinilla<sup>2</sup>, se establecieron los siguientes preceptos conceptuales y metodológicos para el desarrollo de este proceso:

- a. La consideración del proceso de acreditación previa como un proceso participativo que identifique y sea constructor de un proyecto de futuro de la comunidad académica de la Autónoma que desarrolla los saberes interdisciplinarios de la pedagogía.
- b. La consideración del proyecto de futuro como un proyecto académico que sea capaz de interpretar:
  - El modelo pedagógico basados en principios de educabilidad y enseñabilidad con contenidos de núcleos del saber pedagógico.
  - El proyecto organizativo y curricular de los programas académicos basados en la identificación de las variables tiempo y espacio en el desarrollo de una organización académica inteligente y participativa.
  - Los 26 requisitos referidos en el documento “Criterios y Procedimientos para la Acreditación Previa de los Programas Académicos de Pregrado y de Especialización”.<sup>3</sup>
- c. El proyecto académico debe poseer una estructura recurrente que manifieste su complejidad y sea expresión del ejercicio de la autonomía con coherencia. Así se determinó la realización de los siguientes subproyectos:
  - Proyecto Político Pedagógico **PPP**
  - Proyecto Educativo Universitario **PEU**
  - Proyecto Pedagógico de la Unidad Académica **PPUA**
  - Proyectos Curriculares de los Programas Académicos **PCPA**
    - ❖ De Edumática
    - ❖ De Informática para la Gestión Educativa
    - ❖ De Pedagogía, Cultural Constitucional y Democrática



## EL PROBLEMA

La necesidad de abordar el futuro, para proyectar la actividad de la comunidad académica dedicada a la formación de formadores en tecnología, se plantea como el problema central. De esta manera la acreditación previa se convierte en una herramienta poderosa para crear los espacios de reflexión-acción intrauniversitarios, que garanticen el logro de la pertinencia y calidad de los programas ofrecidos.

Para solucionar este problema se partió de la hipótesis que era necesario desarrollar los conceptos de proyectos académicos de futuro y dotarlos con potentes herramientas informáticas que simularan, además de las tendencias de desarrollo histórico, los eventos venideros capaces de transformar estas trayectorias.

## METODOLOGIA

La formulación y concepción de los proyectos académicos de futuro, fueron planteados con la ayuda metodológica del diseño de escenarios de futuro, expuesta por Alex Didricksson, en el seminario-taller realizado en Santafé de Bogotá, el 9 y 10 de diciembre de 1998 y organizado por ASCUN y ASUME.

Se conjugaron escenarios tendenciales<sup>4</sup> y contrastados<sup>5</sup>. Para sustentar la creación de escenarios para el Proyecto Político Pedagógico (PPP), se tomaron como base las estadísticas y análisis de tendencias oportados por la UNESCO y el Plan Nacional de Desarrollo 1998-2002<sup>6</sup>. Los escenarios tendenciales de desarrollo de la Educación Superior se basaron en estadísticas aportadas por el Profesor Napoleón Ramírez<sup>7</sup>. De esta misma fuente se desarrollaron los escenarios particularizados para el Proyecto Educativo Universitario (PEU).

Se desarrollaron modelos particulares para cada proyecto académico, teniendo en cuenta los 26 criterios especificados por el CNA para la acreditación previa y el decreto 272 de 1998, como se muestra en la matriz de modelización de requisitos.

| Requisitos CNA | PPP | PEU | PPUA | PCPA | Decreto 272. Artíc. |
|----------------|-----|-----|------|------|---------------------|
| 1              |     |     | X    |      | 5                   |
| 2              |     |     | X    |      | 6                   |
| 3              |     |     | X    | X    | 13                  |
| 4              |     | X   | X    | X    | 9                   |
| 5              |     |     | X    |      | 9                   |
| 6              |     | X   | X    |      | 14                  |
| 7              |     | X   | X    |      | 9                   |
| 8              |     | X   | X    |      | 13                  |
| 9              |     | X   | X    | X    | 13                  |
| 10             |     |     | X    | X    | 2 y 3               |
| 11             |     | X   | X    | X    | 4                   |
| 12             |     | X   | X    | X    | 4                   |
| 13             |     |     | X    | X    | 4                   |
| 14             | X   | X   | X    | X    | 4                   |
| 15             |     |     | X    | X    | 8                   |



| Requisitos CNA | PPP | PEU | PPUA | PCPA | Decreto 272. Artíc. |
|----------------|-----|-----|------|------|---------------------|
| 16             |     | X   | X    | X    | 12                  |
| 17             |     | X   | X    | X    | 3 y 4               |
| 18             |     |     | X    | X    | 4                   |
| 19             |     |     |      | X    | 7 y 8               |
| 20             |     |     | X    | X    | 7 y 8               |
| 21             |     |     |      | X    | 11                  |
| 22             | X   | X   | X    | X    | 1                   |
| 23             | X   | X   | X    | X    | 1                   |
| 24             |     | X   | X    | X    | 6                   |
| 25             |     | X   |      |      | 13                  |
| 26             |     | X   | X    | X    | 9 y 14              |

Cada proyecto académico fue trabajado con la metodología de los ciberfiltros<sup>8</sup> para así lograr indicadores de eficiencia, eficacia y efectividad, como también lo determina el CNA para el proceso de acreditación voluntaria.

En el siguiente cuadro se puede apreciar la modelación de estos ciberfiltros con ayuda del software *ithink*:



El resultado de mayor significancia de este trabajo es de índole investigativo, y lo constituye la disponibilidad de una herramienta informática, basada en dinámica de sistemas, que permite auscultar la incidencia de los requisitos de acreditación en cada proyecto académico, bajo una óptica integral de los escenarios de futuro planteados y aquellos que puedan surgir como producto de la utilización del software.

El beneficio de este modelo no es palpable sino se especifican las diferentes funciones que posee<sup>9</sup>, a saber:



1. Función ilustrativa. Consiste en la representación de las propiedades nuevas desconocidas, en una forma ya conocida, sensorial evidente, de una esfera de la realidad objeto de estudio científico. Esto es manifiesto en este modelo, ya que es posible ilustrar sobre la influencia de los criterios de acreditación y los escenarios de futuro, entre otros, la modelación de indicadores de desarrollo y de calidad.

2. Función Traslativa. Consiste en el traslado de la información en una esfera de la realidad relativamente estudiada a otra área desconocida. Pasar del conocimiento de los requisitos de acreditación y de la práctica educativa de la FUAC a la verificación de la incidencia de los primeros en el futuro de la segunda.

3. Función Sustitutivo-Heurística. Consiste en que el modelo ofrece una explicación previa del fenómeno que se conoce y debido a ella, sirve de importante etapa en el curso de la elaboración de una teoría más completa y profunda sobre el objeto del conocimiento.

4. Función Aproximativa. Es el desplazamiento del conocimiento desde los primeros modelos, que simplifican el cuadro del fenómeno, hacia otros más adecuados a éste y por último, hacia una teoría consecuente con este fenómeno. El modelo desarrollado hasta el momento, seguramente es susceptible de crecimiento al ir descubriendo nuevas y determinantes relaciones estructurales de los sistemas modelados, que seguramente rigen para el caso de la FUAC. De tal manera, se ofrece como una aproximación de la realidad; y no como la realidad en sí ! .

5. Función Extrapolativo-Pronosticadora. Es la extrapolación de las características estructurales del modelo al objeto que se modela, permitiendo elaborar un pronóstico sobre su estructura. Este modelo inmerso dentro de un lenguaje de simulación, persigue predecir comportamientos de los parámetros del sistema, elaborando las curvas de trayectoria de esos parámetros; descubriendo las ecuaciones de estado que rigen el dinamismo del sistema.

6. Función Transformadora. Es la conversión del modelo en instrumento de optimización en la actividad práctica del hombre. Esta función le compete evaluarla a la historia y a la comunidad académica. Sin embargo, se ha pretendido que su desarrollo no sea inocuo y que pueda ser utilizado como instrumento de conocimiento de la realidad educativa institucional.

De todas maneras, el modelo en esencia es un sistema, cuya investigación constituye un medio para la obtención de la información sobre otro sistema.

<sup>1</sup> UNESCO. Documento de Política para el Cambio y el Desarrollo en la Educación Superior. 1995. París.

<sup>2</sup> Pinilla Pacheco Pedro A. Formación de Educadores y Acreditación Previa. 1999. Universidad Autónoma. Santafé de Bogotá.

<sup>3</sup> CNA. Criterios y Procedimientos para la Acreditación Previa de los Programas Académicos de Pregrado y de Especialización. Junio de 1998. Santafé de Bogotá

<sup>4</sup> Escenario tendenciales el rsultante de la extrapolación de las tendencias y corresponde a una trayectoria exploratoria de una evolución hacia una situación.

<sup>5</sup> Escenario contrastado es la exploración de un tema voluntariamente extremo, la determinación a priori de una situación futura. El escenario contrastado histórico corresponde a una trayectoria de anticipación, imaginativa, normativa.

<sup>6</sup> DNP. Plan Nacional de Desarrollo.

<sup>7</sup> NAPOLEON RAMIREZ. Sistema Posgradual colombiano y Sistema Posgradual de la FUAC. Bogotá, 1997.

NAPOLEON RAMIREZ. Ingeniería Académica en Colombia. FUAC. Bogotá, 1999.

<sup>8</sup> STAFFORD BEER. Diagnosing the System for Organizations. Jhon Wiley & Sons, 1981.

<sup>9</sup> NAPOLEON RAMIREZ. La formación Metodológica. Santafé de Bogotá: Universidad Autónoma de Colombia. Sistema Universitario de Investigaciones, 1996. 137 p.



# TOCANDO LAS PUERTAS DE LA UNIVERSIDAD VIRTUAL

Jaime Darío Castañeda Alviar  
Politécnico Grancolombiano, institución Universitaria

## RESUMEN

**“Por la buena educación es el hombre una criatura mansa y divina, pero sin ella es el mas feroz de los animales. La educación y la enseñanza mejoran a los buenos y hacen buenos a los malos”**

En el proceso evolutivo que es mi vida he llegado a ser padre de familia, profesor, ingeniero de sistemas, empleado bancario, ser social, alguien buscando integridad.

Buscando la integridad, considero que uno de los elementos importantes para que una sociedad logre evolucionar de manera armónica y equilibrada esta representado en las opciones para acceder a la educación, a una educación que no sea **“mas o menos”** en su contexto de calidad, sino que sea uniforme y satisfactoria para el proceso de formación de cada cual como ser individual y social.

Por lo expuesto, estoy investigando la forma de involucrar el proceso de formación universitaria con el enorme recurso actual (tal como internet) que permitan ejercer la Universidad Virtual poniendo especial interés en el impacto social y pedagógico que esto implica.

Adicionalmente estoy buscando las alternativas, que mantengan los niveles de calidad requeridos para ser competitivos en la Aldea Global, para lo cual estoy implementado la metodología de Enseñanza para la Comprensión, proyecto que nace de las investigaciones de la Universidad de Harvard, bajo el auspicio del Proyecto Zero de la misma universidad. Este proyecto de Harvard ha sido orientado inicialmente a la educación secundaria, y es parte de mi trabajo precisamente el adaptar y observar esta propuesta en el entorno universitario.

Disponiendo de herramientas avanzadas (internet) y de fácil acceso, las cuales se están masificando en la Aldea Global, de elementos pedagógicos como la Enseñanza para la Comprensión, y de las propias conclusiones que estoy aprendiendo con el tiempo, espero llegar a plantear una metodología que permita a cualquier persona con sincera motivación personal llegar a ser parte de la comunidad universitaria rompiendo cuando así se requiera los límites espacio-tiempo, esto es *llegue usted al proceso pedagógico en la medida de sus posibilidades y disponibilidad de recursos*. Asi mismo espero lograr un rico proceso de enriquecimiento y seguramente transformación para todos los que integramos las comunidades académicas y también para el resto de la sociedad, con los estudiantes que disponen del suficiente tiempo para asistir a las aulas de clase en forma regular.



Como aportes puedo señalar un proceso de estudio e investigación de la temática planteada el cual desarrollo en la Especialización en Docencia Universitaria en la Universidad del Rosario, 10 años de experiencia docente universitaria, una página en internet en constante cambio, anotaciones, observaciones y vivencias de mi proceso pedagógico y muchos seminarios y compartir con la comunidad docente del Politécnico Grancolombiano y también de los que integraron mi especialización.

Me permito transcribir el objeto de Proyecto Zero de la Universidad de Harvard, <http://pzweb.harvard.edu>

“Project Zero's research programs span a wide variety of ages, academic disciplines, and sites, but share a common goal: the development of new approaches to help individuals, groups, and institutions learn to the best of their capacities.”

## CUERPO DEL TRABAJO



El trabajo pretende integrar el acceso desde internet considerando aspectos que trasciendan solo lo técnico involucrando aspectos de la metodología de enseñanza para comprensión la cual se describe a continuación; por efectos de desarrollo la matriz de comprensión no se presenta completa aún.

La metodología de desarrollo abordará los siguientes tópicos:

- Elementos de comprensión
- Preguntas
  - Que quiero que mis estudiantes comprendan
  - Como involucro a mis estudiantes
  - Como se que han comprendido
- Comprensión en si , matriz con las dimensiones de la comprensión.

## ELEMENTOS DE COMPRENSION

Hilos conductores



Temas generativos  
Metas de comprensión  
Desempeño de comprensión  
Evaluación

### **Hilos conductores**

Preguntarse que es lo que se quiere lograr o como podríamos llegar a un determinado objetivo.

- Como interconectar e interoperar hardware y software para tener mayor funcionalidad en los sistemas de información.
- Como reconocer los elementos que interactúan en un sistema de comunicaciones y la función de cada cual.
- Conocer como se puede transformar y manipular la información para compartirla en un sistema de comunicación.
- Saber del impacto de los sistemas de comunicaciones en cualquier entorno.
- Conociendo los fundamentos de comunicaciones, saber como se abordará en su proceso de aprendizaje el estudio de redes .

### **Temas generativos**

Tópicos que se cree lograrán que los interesados se motiven para transitar por los hilos conductores.

- Reconocimiento de elementos mínimos que deben estar presentes en un sistema de comunicaciones.
- Configuración de diferentes sistemas de comunicaciones.
- Problemas que se pueden presentar en los sistemas de comunicaciones.
- Manipulación de señales.
- Estudio del modelo OSI de la ISO.

### **Metas de comprensión**

Son las acciones que el interesado podrá realizar y las cuales ratifican la apropiación del conocimiento o movimiento que se desea generar.

- Se reconocerá y comprenderá el papel de cada una de las partes que conforman un sistema de comunicaciones.
- Se sabrá clasificar los canales desde diferentes puntos de vista.
- Será clara la razón de ser de los diferentes tipos de canales.
- Se comprenderán los problemas que pueden existir en un sistema de comunicaciones y su impacto.
- Comprenderá como se manipulan las señales para transmitir la información.
- Comprenderá los elementos básicos para iniciar cursos superiores de comunicaciones.

### **Desempeño de comprensión**



Actividades para lograr todo lo anterior.

- Investigación , exposición y discusión de conceptos.
- Reconocimiento físico (en el mundo real) de las partes y conceptos identificados.
- Desarrollo de proyectos sustentables en los que involucren además de temáticas estudiadas otros saberes de su formación profesional.
- Crear proyectos con los estudiantes que permitan desarrollar y validar los conceptos.

## Evaluación

Proceso continuo de retroalimentación que valida la metodología y es un indicador de logros y gestión.

+ - y - No justifican pasar al siguiente nivel.

| CRITERIOS                                                 | ++                                                                                            | +                                                                                                                                                  | + -                                                                | -                                                          |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Identifica señales</b>                                 | Sabe como utilizar o representar señales vistas.                                              | Conoce las señales pero no las explica bien.                                                                                                       | Confunde conceptos de señales.                                     | No identifica el concepto de señal.                        |
| <b>Conoce componentes de un sistema de comunicaciones</b> | Interconecta sin trasponer equipos de un sistema de comunicaciones                            | Sabe cuales equipos colocar en un sistema de comunicaciones pero duda en la posición que deben ocupar en el esquema de comunicaciones.             | Reconoce algunos de los elementos de un esquema de comunicaciones. | No reconoce los elementos de un sistema de comunicaciones. |
| <b>Manejo de ancho de banda</b>                           | Se conoce el concepto y su impacto en el manejo de señales, velocidades, volúmenes y canales. | Conoce la formulación y enunciado de ancho de banda pero no asocia totalmente el concepto con manejo de señales, velocidades, volúmenes y canales. | Conoce la formulación y enunciado de ancho de banda.               | No entiende el concepto de ancho de banda                  |
| <b>Utiliza criptografía</b>                               | Puede implementar el concepto de cripto en un proyecto.                                       | Conoce las principales técnicas de cripto.                                                                                                         | Explica brevemente el concepto de cripto.                          | No explica concepto ni uso de cripto.                      |
| <b>Clasifica los canales por diferentes aspectos</b>      | Sustenta y utiliza debidamente los canales de acuerdo a sus                                   | Sustenta debidamente los canales de acuerdo a sus                                                                                                  |                                                                    | No sustenta la razón de clasificar los canales desde       |



|                                                                     |                                                                                        |                                                                                                                         |                                                                                       |                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                     | formas de clasificación.                                                               | formas de clasificación.                                                                                                |                                                                                       | diferentes formas.                                                                          |
| <b>Utiliza el teorema de Nyquist</b>                                | Comprende BW y niveles de señalización                                                 | Conoce Nyquist pero tiene problemas con niveles de señalización.                                                        |                                                                                       | No comprende a Nyquist.                                                                     |
| <b>Reconoce y clasifica diferentes tipos de canales.</b>            | Utiliza según características Vs necesidad canales vistos en clase.                    | Enuncia las diferentes clases de canales vistas en clase pero no asocia sus cualidades con las necesidades de la señal. | Enuncia significados de canales pero los confunde.                                    | No identifica los canales ni las diferencias de los canales.                                |
| <b>Entiende modulación</b>                                          | Explica diferentes técnicas de modulación                                              |                                                                                                                         |                                                                                       | No entiende que es modulación ni donde y porque se produce.                                 |
| <b>Formas de transmisión</b>                                        | Identifica debidamente las formas de transmisión y su aplicación.                      |                                                                                                                         |                                                                                       | No identifica las formas de transmisión.                                                    |
| <b>Conceptos de redes</b>                                           | Expone concepto de redes y sus principales diferencias.                                | Expone concepto de redes .                                                                                              | Define conceptos de redes pero no cuando se ha de implementar una.                    | No asocia el concepto de red con el ambiente en el cual se deba crear una.                  |
| <b>Modelo OSI</b>                                                   | Reconoce las funciones de cada capa asociandolas con conceptos vistos en la materia.   | Reconoce las funciones de cada capa.                                                                                    | Reconoce las funciones de algunas capas,                                              | No reconoce las funciones de las capas, las confunde.                                       |
| <b>Programación y transmisión por puertos seriales o paralelos.</b> | Práctica con programas que pueden acceder a los puertos. Puede configurar los puertos. | Práctica con programas que pueden acceder a los puertos. Esquemas rígidos de configuración del puerto.                  | Conoce las herramientas para acceder al puerto pero no lo logra hacer en la realidad. | No sabe como acceder a los puertos con un programa hecho por el mismo o incluso un tercero. |
| <b>Diseño de proyectos utilizando esquemas de comunicaciones</b>    | Utiliza conceptos de telecomunicaciones buscando optimización para diseñar             | Utiliza conceptos de telecomunicaciones para diseñar proyectos o                                                        | Esta enterado de los conceptos vistos en telecomunicaciones pero no los aplica a      | No sabe identificar ni involucrar los conceptos vistos en telecomunica_                     |



|                                                                                          | proyectos o emitir criterios                                                                                  | emitir criterios                                                                       | proyectos o mundo real. | ciones.                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Implementar comunicación con dos computadores.</b>                                    | Conecta dos máquinas, con su propio software, cable, utilizando los puertos adecuados.                        | Diseña el cable, y el software pero las máquinas hablan a medias. Se pierde el enlace. |                         | No logra conectar las dos máquinas.                                                |
| <b>Solución a problemas planteados sustentado plantemientos con terminología técnica</b> | Reconoce diferentes alternativas de solución sustentando en forma escrita u oral un esquema de comunicaciones |                                                                                        |                         | No diseña ni sustenta en términos técnicos un planteamiento de telecomunicaciones. |

### CONCLUSIONES

Cualquier esfuerzo que invite a la reflexión pedagógica, siempre será bien recompensado por los múltiples efectos de todo orden que repercutirán en el corto, mediano y largo plazo; toda investigación que al respecto se haga solo podrá dejar cosas buenas.

El planteamiento que yo me formulo incluye por ahora los siguientes aspectos.

- Iniciar una estrategia conjunta con los estudiantes para implementar el método y su seguimiento.
- Probar primero con telecomunicaciones pero implementarlo con otra área.
- Validar experiencias
- Integrar esta experiencia con la que tengo de educación virtual, página internet.

Y definitivamente continuar en el proceso.



# EL CAMBIO TECNOLÓGICO Y SUS IMPLICACIONES

**Carlos G. Parra Bernal**  
**Politécnico Grancolombiano**

## RESUMEN

Uno de los puntos críticos en el entorno profesional a nivel mundial y que se refleja lógicamente en Colombia en el área de la Ingeniería, se presenta con el rápido y acentuado cambio en paradigmas y tecnología, lo que hace que se desvíe la visión del estudiante o egresado y más aun si contemplamos el medio ambiente que nos rodea.

El trabajo plantea el comportamiento de los profesionales en diferentes ambientes, tales como el docente, el laboral, el del egresado, el económico, el social y el político, frente al significativo cambio de herramientas informacionales, en un medio muy exigente.

Es importante anotar que las apreciaciones del presente escrito, provienen de una recopilación de situaciones y experiencias obtenidas a lo largo de los años y que tienen como eje la carrera de Ingeniería de Sistemas, profesión en la cual me he desempeñado, dejando claro que en otras áreas de la ingeniería el comportamiento puede ser diferente.

Este documento, en conclusión, le aportará al estudiante o al egresado, mayor información para desempeñarse en el medio laboral, le dará una visión más clara de lo que le espera en su vida profesional, de igual manera le ofrecerá una relación entre lo que está estudiando en la universidad y lo que va a encontrar en la realidad laboral.

## TEXTO

A pocos días del año 2000, vemos como ser profesional no es suficiente, un título profesional no es garantía de nada, un buen cargo no es duradero, una universidad de renombre no facilita el desempeño profesional, hoy no son suficientes las buenas soluciones, hemos llegado a la era de la excelencia, se requiere ingenio, creatividad, actualización permanente, dedicación y pertenencia, además de un alto apasionamiento por lo que se quiere hacer, se pretende tener lo



mejor de lo mejor, se exigen soluciones óptimas y la calidad debe ser el común denominador, claro esta, teniendo en cuenta las circunstancias que rodean el medio.

Es importante tener claro y distinguir lo que se esta haciendo, ya sea una ingeniería, una tecnología, una técnica, una certificación, un diplomado, una especialización o un postgrado entre otras, y de esta forma saber a qué o a quién se debe dirigir en el medio laboral y qué esperar del mismo.

Toda la información, los textos, las revistas, los experimentos y demás elementos de apoyo están disponibles las 24 horas del día para cualquier persona, todo es cuestión de inventar la combinación que mejor se adapte al medio donde queremos implantar alguna solución. La interacción entre estudiante y maestro permite que el primero, una vez haya construido el conocimiento, con todo el material existente en las bodegas de información existente en las redes, aclare y afiance los conceptos con las experiencias y los paradigmas reales, que ofrece el segundo.

A continuación quiero mostrar como se desenvuelve un egresado o profesional actualmente en los diferentes medios, teniendo en cuenta que es muy poca la coordinación entre lo que prepara la academia, lo que necesita el medio laboral y lo que implica la profesión que se estudia.

## **En El Medio Docente**

Las universidades a nivel mundial están en crisis, y una de las razones obedece a que están preparando profesionales de programa académico y no de necesidades de un país, pues con el cambio de tecnología tan rápido, los profesionales egresados de los centros educativos no llenan totalmente las expectativas del mercado.

Desde el punto de vista de la profundidad y del nivel académico, no esta bien estructurado el ambiente de trabajo del técnico, el tecnólogo, el profesional, el especializado, el magister o el doctorado, entre otras clasificaciones existentes, de tal manera que un bachiller con un curso de cualquier tema puede resultar en el cargo de técnico, o un tecnólogo en uno profesional, o un profesional en uno de doctorado. Es por eso que los especialistas afirman que cuatro de cada cinco alumnos graduados, consiguen empleo en un plazo máximo de dos años contados desde la finalización de sus estudios y la mayor parte de estas colocaciones se produce por relaciones personales.

La ya tratinada investigación, sobre todo en el área de los sistemas, también es crítica, si analizamos que en el campo del hardware nuestro país es importador de absolutamente todo lo existente, no producimos ni desarrollamos absolutamente nada. Y en el soporte lógico es muy poca la producción de herramientas que se pueden mostrar. A esto le sumamos la falta de divulgación y promoción de los buenos trabajos de software realizados en el país, por ejemplo hace pocos días se le otorgó al Dr. Alvaro Galvis Panqueva el premio The Global Baugennan



Challenge otorgado en Suecia, por su trabajo presentado sobre Ludomática, y ha sido muy poco el reconocimiento y la divulgación que se le ha hecho.

La aparición de un gran número de centros docentes que tratan la formación educativa como un negocio y solo aportan e imparten conocimiento textual y nada mas, cero laboratorios, cero practica, cero investigación. No se cuenta con la visión global de la profesión y muestran solo la parte más sencilla dejando un gran vacío en temas de vital importancia, estas personas después de recibir cualquier título entran a competir en el medio laboral sin mayor control de calidad.

Para las universidades importantes del país y de América Latina es un reto el demostrar ante la sociedad que se están consiguiendo unos estándares de calidad cada vez mayores, que se debe trabajar con una cultura de mejoramiento continuo, sobre un modelo resultante de interactuar con el entorno laboral, teniendo en cuenta el modelo de enseñanza, la investigación y la gestión.

### **En El Medio Laboral**

Las empresas no conocen en detalle el tipo de profesional que requieren para adelantar sus tareas, motivo por el cual algunas fallan por exceso, contratando personal muy calificado para llevar a cabo tareas sencillas, y otras fallan por defecto, ubicando en sus cargos especializados a personas con muy pocos conocimientos.

Las condiciones del país hoy llevan a muchas empresas a solo reclutar personal con conocimientos básicos o preparación no formal, a fin de reducir costos. Cuando se requiere adelantar trabajo de alguna complejidad, se recurre a la contratación externa de una firma o empresa especializada.

No se tiene en cuenta qué tipo de preparación se requiere para ocupar un cargo en particular o realizar una tarea específica, de tal forma que las empresas hoy buscan personal que con cualquier título, puedan realizar las tareas que necesitan.

### **En El Medio Económico**

Para nadie es secreto el hecho de que día a día el número de estudiantes matriculados en las universidades es menor, si hacemos el análisis desde el punto de vista económico, una carrera implica una inversión demasiado alta y lenta de recuperar, pues los cargos y las empresas no son suficientes para la gran demanda de profesionales, dando lugar a un gran número de desempleados, los cuales recurren a otro tipo de actividad, basado en algún curso o trabajo independiente

Frente a una inversión significativa (\$80.000.000 aproximadamente), para optar por un título profesional, qué seguridad tiene el egresado de recuperar su inversión y a que plazo? Si lo que le espera es encontrarse en un medio lleno de desempleados, muchos de ellos con título profesional,



especialización, postrado, phd y doctorado? Cómo saber a qué remuneración tendría derecho si el medio empresarial le ofrece lo menor posible.

Que tal si se paga por una certificación de algún curso, y se empieza a trabajar en esa área por una baja remuneración, de tal manera que en la medida que se recupera la inversión se va aplicando a una nueva capacitación de otro tema y así sucesivamente?

Se debe plantear un esquema que independice la parte académica de la económica, de tal forma que la universidad maneje la parte académica y el área financiera el recurso económico que implica el estudio de una carrera o curso en particular, otorgando las becas, créditos y todas las facilidades posibles a los aspirantes.

### **En El Medio Social**

En el medio social el no tener un título profesional, deja a la persona relegada a un segundo plano, ya sea en cargos de junta directiva, o en pertenecer a ciertos grupos o clubes en donde el título es requisito de primer orden. Como ejemplo hagamos el siguiente cuestionamiento.....le gustaría para su hija un marido sin título profesional?. Contratamos como gerente de nuestra empresa un bachiller con una certificación?

El ser profesional o no, causa en nuestro medio cierta preocupación pues hay una gran barrera que no se ha podido vencer, hace unos años las familias buscaban que sus hijos fueran profesionales, ojalá en carreras tradicionales, y que ocuparan cargos en empresas y entidades de prestigio para lograr echar raíces y al cabo de uno años alcanzar la pensión, hoy el cambio en la tecnología ha dado un vuelco total a este concepto, de tal forma que el profesional de hoy debe estar atento a un mundo cambiante, abierto a presentar o adoptar nuevo paradigmas, a ser muy puntual, rápido y exacto.

Si bien es cierto que los computadores se desarrollaron para descargar al hombre de ciertas tareas repetitivas e inconvenientes, este no lo tomó así, no se limitó a descansar por el contrario, el tiempo que le quedó libre, lo destinó a otro tipo de actividades.

### **En El Medio Político**

Si el país ha reconocido que la economía que vivimos hace unos años no era real, y esto ha llevado a que se replantee el costo de vida, de la vivienda, de los vehículos, y demás, de igual manera debe reflejarse en el medio educativo, pues este también se disparó y no midió proporcionalmente la calidad de la educación, la empresa, la familia, los ingresos y otros entornos obligados, de tal manera que hoy es importante replantear estos conceptos.

Hemos visto que varios colegios se han quedado sin estudiantes, que estudiantes no han podido pagar sus pensiones y semestres y que algunos no han podido continuar sus estudios,



seguramente, así como en otros ambientes, la educación se debe ajustar al entorno social que el país esta viviendo actualmente.

También es importante buscar una reglamentación de la escala salarial frente a los estudios realizados y experiencia, estos a su vez relacionarlos con los cargos ofrecidos en el entorno empresarial y laboral y estos a su vez relacionarlos con los requisitos que deben cumplir dichos cargos.

### **El Egresado**

El rápido y acentuado cambio en la tecnología y los paradigmas, obliga y exige la permanente actualización de conceptos y técnicas, que le permitan estar vigente en el medio, se podría decir que terminando las asignaturas de la carrera, se encuentra listo para empezar a estudiar nuevamente cualquier concepto.

El Egresado de hoy debe estar preparado para competir con los buenos profesionales, los malos profesionales y los no profesionales, si desea tener éxito en sus actividades laborales.

Debe estar seguro y conocer cual es su fuerte, de tal manera que aplique a los cargos y tareas para los cuales ha sido capacitado y ha tenido la mayor preparación, desempeño y experiencia

Es fundamental Tener en cuenta que en el medio en el que se mueven los negocios y las empresas hoy solo sobreviven los mejores, los demás tienden a desaparecer

Es importante que se aplique un valor agregado a cada solución planteada, de tal forma que le permita sobresalir o destacar su propuesta de todas las alternativas presentadas.

Finalmente, en un medio tan cambiante, las soluciones deben estar enmarcadas en entornos totalmente visuales, que trabajen en tiempo real, multimediales, sobre modelos metodológicos, orientado hacia herramientas CASE, contemplando las bodegas de datos, las redes y los inalámbricos. Los modelos de los sistemas de información para las aplicaciones de hoy implican esquemas virtuales, mucha interacción, diseño de videos, diseño de sonidos, diseño de animación, definir la arquitectura del software, estructurar el manejo de tiempos, objetos y componentes.

Como se puede ver, el entorno no es muy bueno, pero hay que vivir con él, se requiere estar muy atento a los cambios continuos que se presenten, para tomar las medidas pertinentes antes de sufrir sus efectos y quedar fuera del mercado.



# **SIGLO XX PERIODO DE LA CIENCIA, SIGLO XXI DE LA TECNOLOGIA**

MAXIMO BARRERA LIZARAZO  
CATEDRATICO UNIVERSITARIO

POLITECNICO GRANCOLOMBIANO  
Teléfono 2179777 - 6122531  
Fax: 2136871  
E-mail: mbarrera@poligran.edu.co

## **CONTENIDO**

Resumen  
Introducción  
Antecedentes y objetivos  
Siglo XX , período de la ciencia  
Siglo XXI futuro de la ciencia y la tecnología  
Conclusiones  
Recomendaciones  
Bibliografía o referencia

### **1- RESUMEN**

La revolución del conocimiento y el advenimiento de la computación y las comunicaciones, hacen que tengamos cambios de enfoques, desplazamientos mentales y ajustes de una perspectiva a otra,

Este trabajo pretende compartir las experiencias vividas en el siglo próximo a finalizar y las proyecciones futuras, con las nuevas tecnologías del siguiente siglo.

Es necesario, si, hacer estudios y realizaciones que faciliten superar la situación actual en las profesiones de ingenierías, frente a muchas realidades cambios tecnológicos, globalización de hechos y proliferación de programas.

Requiriéndose mucha atención comparativa de lo que existe con lo proyectado y el uso de las herramientas, tecnologías y recursos vigentes relacionados con la computación, transmisión de datos, realidad virtual , ofimática, tiempo real, internet, Multimedia, robótica, redes, base de datos, lenguaje de programación ultimas generaciones, distintas plataformas de sistemas operacionales y clases de configuraciones de equipos. Lo anterior hace que los ingenieros están acorde a estas nuevas tecnologías y las usen adecuadamente en sus proyectos y ejecuciones.



## **2 - INTRODUCCION**

El siglo XX período de la ciencia y el XXI, futuro de la ciencia y de la tecnología, y su incidencia en las ingenierías según los temas citados en el trabajo y otros de no menor importancia implícitos y propios de cada período.

Estamos a menos de 200 días para el fin del siglo y cambio de milenio, siendo por eso justo y necesario hacer un balance de los acontecimientos y hechos más significativos del siglo XX y proyecciones del siglo XXI.

La ingeniería llamada como "EL ARTE DE DIRIGIR LAS GRANDES FUERZAS DE LA NATURALEZA Y USARLAS PARA EL BENEFICIO DEL HOMBRE" o "ES EL CONJUNTO DE CONOCIMIENTOS TEORICOS, DE CONOCIMIENTOS EMPIRICOS Y DE PRACTICAS QUE SE APLICAN PROFESIONALMENTE PARA DISPONER DE LAS FUERZAS RECURSOS, Y OBJETOS, MATERIALES Y LOS SISTEMAS HECHOS POR EL HOMBRE PARA DISEÑAR, CONSTRUIR, OPERAR EQUIPOS Y DAR BIENES Y SERVICIOS, CON FINES DETERMINADOS DENTRO DE UN CONTEXTO EN BIEN DE LA SOCIEDAD".

El país en sus planes de desarrollo ha considerado fundamental el crecimiento de su infraestructura, utilizando para ello las nuevas y futuras tecnologías, herramientas y recursos adecuados, acorde a las necesidades del usuario. Siendo un factor fundamental los ingenieros y profesionales propios del ramo. Aprovechar al máximo la experiencia de los países desarrollados, que han solucionado acertadamente esta problemática, utilizando los recursos y tecnologías modernas.

Buscar las formas para el uso de esta profesión para que sea más intuitiva y práctica y tengan una mayor y mejor respuesta a las necesidades humanas, de acuerdo a los nuevos desarrollos.

## **3 - ANTECEDENTES Y OBJETIVOS**

El siglo XX, ha sido el de mayor transformación tecnológica, pero esto no ha garantizado un mejor grado de civilización. El siglo XXI, se denomina el siglo de la ciencia y de la tecnología, con la revolución de la computación y de las comunicaciones.

El objetivo es mostrar el desarrollo y crecimiento en los conceptos, ejecuciones, realidades y aspectos positivos de los acontecimientos cumplidos en el siglo próximo a terminar y visualizar los adelantos y revoluciones del próximo, y su incidencia en los profesionales de las ingenierías tanto en el país como en el mundo. Proponer, implementar y verificar las bondades de la ciencia y las tecnologías de ayer en las carreras afines de las ingenierías. Aplicar los conocimientos en el tema en los diferentes procedimientos y usos adecuados de las nuevas tecnologías y diferentes recursos existentes, y observar las múltiples aplicaciones en el transcurrir de la profesión. Asumir esta realidad y afrontarla personalmente. No son las nuevas tecnologías y procedimientos vigentes y futuras; si no como reaccionamos ante ellas, en bien de la humanidad y del desarrollo global. Será responsabilidad del gobierno crear la infraestructura y herramientas necesarias para que sea posible ejecutarlas de acuerdo a los medios y circunstancias vigentes.

## **4 - SIGLO XX , PERIODO DE LA CIENCIA**

Estamos a menos de 200 días para el fin del siglo XX; y cambio de milenio por ello es justo hacer un balance de los hechos cumplidos de mayor significación en Colombia y en el mundo. Entre otros los siguientes, referenciándose con distintos temas sin ser todos los más importantes.

El invento de la imprenta, el microchips, la computación, las telecomunicaciones, inteligencia artificial, la robótica, cirugías a control remoto, creación y funcionamiento de los trenes Bala, teoría de la relatividad, rayos láser, innovaciones científicas y matemáticas, técnicas de combinación de genes (clonar), viajes siderales, comunicación satelital, crecimiento e incremento en los transportes por aire, mar y tierra, la era de la información, la fase de la televisión, la música de los



setenta, el cine sonoro, descubrimiento de la penicilina, movimiento universal del feminismo, llegada a la luna, primer corazón artificial, el virus del SIDA, premios Nobel, cambios atentados y viajes papales.

La primera y segunda guerra mundial, la bomba atómica, otros hechos Bélicos en el mundo, asesinatos de personalidades, separación de países, matanzas y perturbaciones del orden a nivel rural y urbano en muchos puntos geográficos, surgimiento de nuevos líderes políticos.

Descomposición personal, familiar, social a todo nivel, en diferentes lugares geográficos. Pérdida de valores humanitarios e irresponsabilidades en los distintos estratos sociales, razas, y poblaciones en el hemisferio.

Surgimientos de inventos cruciales como bombas y minas quiebrapatas, venganzas y alteraciones del orden público en todas las civilizaciones y poblaciones del mundo.

Lo anterior requiere de una reflexión para el uso adecuado de las herramientas y tecnologías citadas, que son invaluable, imprescindible, e inevitables, en pro de los profesionales empresas y entidades comunes con las ingenierías, permitiendo soluciones para los distintos usuarios. Soluciones según la oferta y la demanda acorde con los cambios de las necesidades y el empleo de las nuevas tecnologías, basadas en preferencia del cliente, de acuerdo a los hábitos y costumbres de la humanidad y organizaciones empresariales tanto estatales como privadas.

C (computación) + C (comunicación) + H (hombre), genera la tercera generación tecnológica cuyo desarrollo se ha cumplido, así:

Décadas 40 y 50 predominó el Hardware

Décadas 60 y 70 desarrollo acelerado del Software

Década 80, desarrollo de las plataformas de los sistemas operativos

Década 80 - 90, se habla de la calidad total y de la reingeniería

Año 2000, conceptos de la personalización y de la globalización.

## **5 - SIGLO XXI, FUTURO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA**

La primera década del año 2000, presentará avances mas significativos que los que se han visto en los últimos 50 años ejemplo: La revolución de la computación. Los computadores que razonan, "Introducción a la quinta generación". El miti, ministerio de comercio e internacional del Japón, desde 1981, inicio su nuevo proyecto nacional sobre computación y robótica. No serán computadores tradicionales, por el contrario serán máquinas, simbólicas deductivas, capaces de razonar, aprender, asociar, hacer deducciones, en otras palabras comportarse como usualmente solo lo puede hacer la razón humana. Su nombre "Sistemas de procesamiento de información del conocimiento" o Kips (Knowledge Information Processing System) con un poder de razonamiento que será de un millón de Lips o deducciones lógicas por segundo (Lógica inferencias por second). Además trabajará con todos los items componentes de la multimedia ( gráficos, voz, imágenes, sonidos , movimientos etc.), con características, como; mayor capacidad, velocidad, exactitud, seguridad, minimizados en tamaño, costo y medio ambiente. Sus periféricos y accesorios serán similares.

Los procesos en relación al Software, plataformas de los sistemas operativos y lenguajes de programación, serán en lenguajes naturales ejemplo, Español Inglés Francés etc.

Las comunicaciones y medios de transmisión de datos, tendrán un mayor margen de seguridad. Temas como la salud, educación, las matemática y ciencias científicas, clonación, viajes siderales, innovaciones, comunicación satelital, internet, etc. Con un gran desarrollo de acuerdo a las necesidades de la humanidad.

Los aspectos Bélicos y perturbaciones del orden público, aumentarán vertiginosamente.

El abismo existente entre pobres y ricos en las personas, instituciones, países y continentes aumentarán considerablemente.

Las nuevas tecnologías relacionadas anteriormente y otras, requieren de un esfuerzo personal, profesional y gremial en el campo de la investigación, consultando y consolidando todos los temas.



Para superar el conocimiento actual es posible, si, intercambiamos ideas, propósitos, fines, conocimientos etc., con los diferentes sectores, empleando una mayor coherencia e integración entre los organismos estatales y privados del país y así estar acorde con las nuevas exigencias del saber humano y personalizarnos de esta realidad y afrontarla profesionalmente.

## **6 - CONCLUSIONES**

Los temas relacionados, son herramientas, que ofrecen perspectivas, proyecciones y ejecuciones aplicables en los diversos procesos de los profesionales de la ingeniería.

Para lograr el éxito profesional será indispensable pensar eficazmente y adaptarse al medio y circunstancias.

Es evidente, requerir la actitud positiva, uso de herramientas adecuadas, metodologías, ideas sólidas, que permitan y faciliten la realidad teórica experimental de acuerdo con la situación vigente y proyecciones futuras según las nuevas tecnologías.

Las ciencias y las tecnologías presentan dificultades para su asimilación y aprendizaje, requiriéndose alta exigencia académica y excelentes recursos, siendo necesario para ello generar políticas y procedimientos que faciliten una investigación adecuada. Es necesario aunar esfuerzos con trabajos de investigación en equipo, tanto del orden estatal como privado, con resultados de calidad y participación de profesionales, con postrado, maestrías, doctorado, especializaciones, etc. Existentes en Colombia.

El problema es diverso, su solución es como reaccionamos ante él.

## **7 - RECOMENDACIONES**

Concientizar, culturizar y capacitar al recurso humano de estas profesiones.

Emplear una mayor coherencia e integración abarcando todos los sectores y organizaciones afines.

Coordinar, unificar, extandarizar, y comunicar eventos relacionados con la profesión.

Establecer mecanismos de seguimiento y control en entidades estatales y privadas.

El ministerio de educación, Icfes Icetex, Asociaciones, Colciencias, Universidades y profesionales de las ingenierías, conjuguen y plasmen procedimientos para las soluciones de problemas característicos de la carrera.

Asignación de recursos, presupuestos, equipos, especializaciones etc., para ejecutorias oportunas.

Exigir mayor atención en todas las instituciones educativas, (primarias - secundarias, universitarias y especializaciones) y una mayor y mejor investigación de los temas a nivel nacional e internacional relacionada con estas profesiones.

Usar los programas y paquetes, entre otros los siguientes: cad-can, office, hojas electrónicas, graficadores, lotus, corel, flowchart y diagramas, auto-cad, turbo - cad, disaines, microsoff proyect, cad 32, etc., muy útiles en la simulación y herramientas propias de esta profesión.

## **8 - BIBLIOGRAFIA O REFERENCIAS**

1. Asociaciones Colombianas de Sistemas ( Acis, acdas, accio,acuo)
2. Pagina computadoras del tiempo
3. Pagina de la informatica del espectador
4. Biblioteca Luis Angel Arango
5. Tanenbaum andres, sistemas operativos modernos
6. XVII y XVIII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería Acofi
7. Documentos varios relacionados con las ingenierías
8. Internet



# **EXPERIMENTO FORMATIVO EN EL ESTUDIO DE LA MATERIA MODELO DE TOMA DE DECISIONES**

**Dra. Alicia García González**  
**Fundación Politécnico Grancolombiano Institución Universitaria**

## **RESUMEN**

Este escrito analiza la metodología educativa que enmarca la materia Modelo de Toma de Decisiones, en la facultad de Ingeniería de Sistemas, onceavo semestre, jornada nocturna, de la Fundación Politécnico Grancolombiano Institución Universitaria, basada en la estrategia pedagógica Enseñanza para la Comprensión. Se presentan algunas aproximaciones teóricas sobre la estrategia pedagógica Enseñanza para la Comprensión y la experiencia vivenciada con los estudiantes dentro del tiempo programado en el pensum correspondiente a un semestre académico.

*Palabras claves:* Conflicto, Problema, Decisiones, Comunicación y Enseñanza para Comprensión.

## **INTRODUCCION**

La materia Modelo de Toma de Decisiones, está enmarcada dentro del currículo de la carrera de Ingeniería de Sistemas en el área de Humanidades, nombrada Humanidades II, teniendo como prerrequisito la materia Humanidades I (crecimiento, autoestima y desarrollo personal). Nuestra materia abarca los temas desde la formulación de objetivos generales y particulares, la definición de problemas y resolución de conflictos hasta el reconocimiento de un proceso de pensamiento creativo involucrando en él todas las herramientas posibles para la toma de decisiones en los ámbitos personal, laboral y profesional. Se ha venido implementando hace cerca de cinco años y ha permitido que el estudiante cumpla con metas expresadas explícitamente y compartidas públicamente hacia lo que comprende y hacia lo que el docente quiere; son frecuentemente negociadas y creadas con los estudiantes y dentro del desarrollo de la materia se trata de cumplir con metas de comprensión desde las unidades mencionadas, diseñando previamente hilos conductores que sean explícitos y ayuden en el proceso de enseñanza.



La estrategia pedagógica Enseñanza para Comprensión permite comprender significativamente y desarrollar habilidades, utilizando el conocimiento para pensar y actuar creativamente. Se compone de cinco elementos:

- *Tópicos Generativos*: son los interrogantes planteados a partir de temáticas interesantes, alcanzables y de interés para los estudiantes.
- *Hilos conductores*: son los grandes interrogantes de la materia, a desarrollar.
- *Metas de comprensión*: es lo que se quiere lograr en el estudiante, por medio de procesos de pensamiento y de convivencia. Se plantean a partir de los Tópicos Generativos y los Hilos Conductores.
- *Desempeños de comprensión*: son las actividades principales que realiza el estudiante para alcanzar las metas.
- *Co-Evaluación*: es un proceso participativo, continuo e integral, entre los estudiantes y el docente.

## METODOLOGIA

A lo largo de las 64 horas académicas del semestre, los estudiantes en su proceso de aprendizaje están ocupados en las acciones y la reflexión acerca de los temas que queremos que comprendan. La secuencia de aprendizaje se diseña como un camino de investigación. Va desde la exploración hasta el dominio mediante ciclos de ensayos, reflexión, retroalimentación y volver a ensayar hasta la obtención de productos finales. Los estudiantes tienen la posibilidad de elección del camino que siguen estas acciones basadas en la reflexión que son algunos de los **desempeños de comprensión** (además, lecturas, escritos, juego de roles, intervenciones en público). El proceso comienza con una autobiografía del estudiante, que se convierte en su norte. Va acompañado de una selecta y pertinente bibliografía que se ha venido implementando con el concurso de ellos en cada semestre.

## ESTRATEGIA PEDAGOGICA ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSION

**TOPICOS GENERATIVOS.** Son aquellos que facilitan la comprensión y el aprendizaje de los estudiantes. En este caso concreto las preguntas que nos formulamos para definir los tópicos generativos, fueron las siguientes:

- ✓ Cuáles son los tópicos que ofrecen el panorama de lo que quiero enseñar?
- ✓ Qué tópicos quieren los estudiantes explorar conmigo?
- ✓ Cuáles son las ideas y conceptos centrales y estructurales cuya comprensión quiero involucrar a mis estudiantes en su proceso de aprendizaje?
- ✓ Qué aspectos realmente me interesan a mí y a la facultad enseñar?
- ✓ Realmente deseo que aprendan mis estudiantes?
- ✓ Qué los puede hacer dueños de sus decisiones en la vida?



### **Criterios.**

1. En la acción o en la exploración de temas numerosas conexiones hacia a fuera, hacia el mundo externo, hacia adentro, hacia los intereses, vidas y experiencias de los estudiantes.
2. Fomentan los intereses y habilidades de los estudiantes.
3. Generan contextos significativos en los cuales se facilita la comprensión de los conocimientos, los métodos y los propósitos de las disciplinas.

### ***Tópicos generativos, ejemplos***

|             |                    |                        |
|-------------|--------------------|------------------------|
| Cambio      | Identidad          | Responsabilidad        |
| Conflicto   | Mediación          | Comunicación           |
| Problema    | Toma de decisiones | Ingeniería de sistemas |
| Resolución  | Historia           | Administración         |
| Amor        | Yo                 | Autobiografía          |
| Amistad     | Vida               | Investigación          |
| Pensamiento | Gerencial          | Soluciones             |

**HILOS CONDUCTORES.** Son preguntas centrales de investigación que guían el desarrollo de la comprensión de los estudiantes, durante todo el semestre académico. Son la esencia de la clase y están relacionados con cada tópico generativo, en este caso el más importante, la *autobiografía* con la que comienza el estudiante la materia y su aplicabilidad con los demás tópicos generativos, ya que estos definen los grandes propósitos y metas finales de la materia. Son frecuentemente negociados con los estudiantes y se plantean sobre las siguientes preguntas:

- ✓ Cómo están las cosas conectadas y cómo están separadas?
- ✓ Cómo el mirar, el escuchar y el moverse nos ayudan a aprender?
- ✓ Cuándo está terminado?
- ✓ Cómo se siente cuando algo tiene sentido?
- ✓ Cómo cambian las cosas y cómo se mantienen?
- ✓ Cómo es que las reglas afectan el juego?
- ✓ Cómo podemos ser responsables?
- ✓ Cómo nos comunicamos?

**METAS DE COMPRENSION.** Son presentadas al principio de cada tópico generativo y consultadas frecuentemente para reorientarnos y se reflexiona sobre ellas al final para medir dónde y qué tan lejos llegamos:

- ✓ A partir de la autobiografía el estudiante debe comprender la injerencia que tienen en nuestras decisiones los patrones biológicos, experimentales y medio ambientales.
- ✓ A partir de la lectura de *Los Grandes Conflictos de la Historia*, el estudiante debe comprender la diferencia entre problema, situación problemática y conflicto.
- ✓ A partir de la lectura de *Los Seis Sombreros Para Pensar*, el estudiante debe comprender el proceso de pensamiento que puede facilitar el tomar una decisión.



**DESEMPEÑOS DE COMPRENSION.** Son el corazón del aprendizaje. Son acciones que se realizan con gran cantidad de reflexión y son necesarias para que los estudiantes desarrollen completamente sus comprensiones. Se les pide a los estudiantes hacer visible su pensamiento para demostrar su comprensión al maestro, a otros estudiantes y a ellos mismos. La secuencia tiene tres etapas:

1. Exploración del tópico, a partir de la autobiografía.
2. Investigación dirigida (lecturas, ensayos, mesas redondas, juegos de roles, conversatorios).
3. Proyectos personales de síntesis (comparar, debatir, argumentar, explicar, predecir, evaluar, formular hipótesis).

Los estudiantes presentan proyectos a partir de su autobiografía y su trabajo final consistió en resolver un problema que requirió suficiente reflexión y trabajo para mostrar clara y convincentemente la profundidad de su comprensión. Y, de síntesis porque la toma de decisiones exige que el estudiante aplique solamente una herramienta para tomar una decisión de índole personal, laboral o profesional.

**CO-EVALUACION.** Son ciclos de retroalimentación crítica y de reflexión. Es un aspecto esencial del proceso de aprendizaje, en donde el estudiante recibe crítica y constructivamente retroalimentación sobre su trabajo frente a criterios explícitos o estándares que le puedan mejorar. Se involucra a todos en el proceso de valoración, el estudiante comenta y mira los trabajos de los demás, se hace participante a todos de una manera activa con la dirección del docente y la colaboración de los estudiantes. Se hace de manera formal cuando se comprara explícitamente contra criterios estándares y ejemplos específicos; informal cuando es menos estructurada; verbal con una palabra o frase; no verbal con un guiño o movimiento de cabeza; registrada mediante escritos y ensayos; y, actuada, a través de juegos de roles. Es importante resaltar que el docente es permanentemente evaluado dentro del proceso.

## RESULTADOS

| MANEJO DE RECURSOS                                                                                                                                 | LOGROS                                                                                                                                    | NO LOGROS                                                                                                                       | PENDIENTES DE TRABAJAR                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| El manejo de recursos físicos fue adecuado. Las conferencias y lecturas fueron excelentes. La autobiografía nos ayuda a clasificar nuestras ideas. | Nuevos conocimientos<br>Aprender a tomar decisiones.<br>Romper esquemas tradicionales de pensamiento<br>Análisis y solución de problemas. | Lecturas incompletas<br>Desarrollo de la habilidad en comunicación.<br>Comprensión de lectura.<br>Mayor participación en clase. | Los temas de comunicación.<br>Dinámicas para trabajar en equipo.<br>Mejorar técnicas de lectura y compromiso<br>Motivar hacia la investigación. |



## BIBLIOGRAFIA

- Gardner, Howard. *Inteligencias múltiples, la teoría y la práctica*. 1998. Barcelona, España. Pgs. 313 y ss.
- Gardner, Howard. *Mentes creativas y mentes líderes*. 1998. Barcelona, España. Pgs. 463 y ss.
- Gordon, Judith. *Comportamiento organizacional*. 1997. México, D. F., México. Pgs. 210-256.
- Hateley, Barbara y otro. *Un pavo real en el reino de los pingüinos*. 1997. Bogotá, Colombia.
- De Bono, Edward. *Seis sombreros para pensar*. 1988. Barcelona, España.
- Liévano, Indalecio. *Los Grandes Conflictos de la Historia*. 1975. Bogotá, Colombia.



# DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DE SISTEMAS: UNA APLICACIÓN DEL PENSAMIENTO DE SISTEMAS

*Diego Ricardo Torres Martínez, MA*  
*Departamento de Ingeniería de Sistemas*  
*Pontificia Universidad Javeriana*

El artículo presenta los aportes y conclusiones encontrados al emplear el enfoque de pensamiento de sistemas en el desarrollo de una estrategia de investigación para el Departamento de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana. El proceso se desarrolló a través de talleres, contrastando ideas y permitiendo debate. El pensamiento de sistemas comprende principios de participación, continuidad, visión holística, aprendizaje y reflexión crítica en el entendimiento de la problemática y definición de planes y estrategias. Estos principios se manejaron en los talleres a través del uso combinado de dos metodologías: Metodología Suave de Sistemas (Checkland & Schole, 1981) y Heurística Crítica en Sistemas (Ulrich, W, 1991). Lo anterior, facilitó una serie de actividades que soportaron a los profesores del Departamento para desarrollar la orientación de la investigación y el diseño del sistema de soporte a la investigación con énfasis en el contexto colombiano. Adicionalmente, se percibió un proceso significativo de aprendizaje en el Departamento sobre investigación y construcción de soluciones de manera participativa, profundizando así mismo sobre el valor del uso de métodos suaves de sistemas y pensamiento crítico de sistemas en el desarrollo y uso de tecnología de información (TI).

El artículo en primera instancia presenta una visión sobre el entendimiento que el Departamento tiene sobre la TI, luego se exploran algunos aspectos relevantes de las dos metodologías sistémicas empleadas en el estudio. Finalmente, se presentan los aportes y conclusiones sobre el empleo del enfoque de sistemas para el desarrollo de la estrategia de investigación en el Departamento.

## **1. UNA VISIÓN DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN Y SUS IMPLICACIONES EN EL CURRÍCULO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA JAVERIANA.**

Una perspectiva del desarrollo y uso de la TI en las organizaciones tiene que ver con los procesos racionales que soportan las herramientas y técnicas aplicadas para la solución de problemas de información, las cuales están fundados en distintos paradigmas, dichos enfoques tienen sus



respectivos fundamentos filosóficos. La mayoría de la literatura<sup>1</sup> y práctica del desarrollo de la TI en las organizaciones parece estar dominada por un racionalismo enraizado en el positivismo lógico y en el funcionalismo, dándole más importancia a la parte técnica que ha la gama de actividades e intereses humanos que están sujetos al desarrollo y uso de TI<sup>2</sup>.

El computador es una invención radical<sup>3</sup>, la importancia de esto yace en como la tecnología afecta la complejidad social. De hecho, la TI instauro nuevos sistemas en las organizaciones que han abierto nuevas dominios de posibilidades de interacción entre las personas<sup>4</sup>. De tal forma, la TI no se puede ver solamente como un dispositivo aislado, su entendimiento debe hacerse a través de comprender la relación entre la actividad humana y los aspectos sociales y políticos que involucra.

Nuevos enfoques emergentes, fundados en paradigmas que difieren de la ampliamente aceptada tradición positivista y reduccionista, han llamado la atención a la Universidad Javeriana sobre nuevas formas de entender la problemática que rodea al desarrollo de la TI en las organizaciones. Por tal razón, el enfoque curricular de la Carrera de Ingeniería de Sistemas, no ve la TI como un dispositivo tecnológico aislado, sino por el contrario explora la problemática que rodea al desarrollo de la TI en las organizaciones y consecuentemente, el entendimiento del papel de la TI en las organizaciones, además de la interacción social y técnica involucrada. Como fundamento del curriculum de la Carrera se tiene la *evaluación del desarrollo de la tecnología de información en las organizaciones desde una perspectiva del pensamiento sistémico*.

## 2. PENSAMIENTO DE SISTEMAS

En esta sección se pretende mostrar algunos aspectos relevantes tenidos en cuenta para el entendimiento del sistema de mejoramiento de investigación. Estos aspectos yacen en el pensamiento de sistemas y las dos metodologías sistémicas empleadas.

<sup>1</sup> Davies *et al* (1989), sostiene que la literatura sobre el desarrollo de los SI está dominada por el positivismo lógico y el funcionalismo, esta literatura sugiere, por ejemplo, que el diseño de flujo de datos es más importante que la naturaleza de la información (pág. 69).

Winograd y Flores (1986) muestran como en la literatura que trata sobre computadores y toma de decisiones, una amplia gama de actividades e intereses humanos están sujetos a un análisis racionalista que le da más importancia a la parte técnica del desarrollo de la TI (pág. 20).

<sup>2</sup> Sin embargo, varios estudios sugieren que el desarrollo de la TI en las organizaciones no ha producido el éxito esperado. Por el contrario, la historia revela un buen número de sistemas de información fracasados. Lyytinen y Hirschheim (1987) citados por Vidgen (1997) sostienen que el nivel de fracasos en el desarrollo de sistemas de información es de aproximadamente el 75%. Critical Issues in Information Systems Research editado por Boland y Hirschheim (1987), presenta un amplio estudio de la relación entre los problemas actuales en el desarrollo de TI en las organizaciones y la actual deficiencia metodológica.

<sup>3</sup> Hughes (1987) muestra como la historia de La evaluación de los grandes sistemas tecnológicos - como lo es la TI, pueden ser presentados en las siguientes fases: invención, desarrollo, innovación, transferencia y crecimiento. En las primeras fases la construcción social de la tecnología se presenta claramente, ya que inventor y empresarios, involucran aspectos económicos, Políticos y sociales para asegurar su viabilidad. Existe luego una complejidad asociada al desarrollo de los componentes: manufactura, ventas y facilidades de servicio.

<sup>4</sup> La TI afecta procesos de comunicación interna y externa y soporta la toma de decisiones, involucrando hechos de relaciones de poder. En el desarrollo y uso de T.I. la complejidad está presente - factores sociales, organizacionales y humanos están involucrados. Por tal razón la premisa de que el uso de T.I. concierne únicamente a aspectos técnicos es necesario removerla [Torres: 1999]



## 2.1. Entendimiento del diseño de un sistema desde el enfoque de Pensamiento de Sistemas

El pensamiento de sistemas está orientado a entender situaciones complejas como lo son las instituciones sociales y las relaciones entre los comportamientos de los individuos que la conforman para efectos de cumplir con un objetivo. El pensamiento de sistemas orienta sus esfuerzos a identificar el sistema - entenderlo, explicar su comportamiento y propiedades como un todo y explicar roles y funciones. Un sistema entonces consiste de un número de elementos y de relaciones entre los elementos, los cuales son identificados por una frontera que tiene entradas y salidas y pueden ser físicas o abstractas. Los procesos en el sistema son caracterizados por una retroalimentación constante y los elementos que componen un sistema tienen fines, objetivos e ideales propios – son teleológicos [Flood & Jackson: 1995].

Churchman<sup>5</sup> (1971) presenta nueve condiciones que deben estar presentes en el entendimiento y diseño de un sistema (*S*), estos son:

1. *S* es Teleológico
2. *S* tienen una medida de funcionamiento
3. *S* tiene un cliente cuyos intereses son atendidos
4. *S* tiene componentes o elementos teleológicos
5. *S* tiene interacción con el medio
6. Existe un dueño del sistema el cual puede producir cambios en la medición y el funcionamiento del sistema - incluso parar el sistema.
7. Existe un diseñador de *S*. Que con el dueño hacen cambios
8. El diseñador ayuda a maximizar el valor del sistema para el cliente.
9. Se debe garantizar mecanismos que aseguren que la medida de éxito pueda ser alcanzada.

## 2.3. Heurística Crítica de Sistemas y el mejoramiento de un sistema

Ulrich (1991) presenta la Heurística Crítica de Sistemas (HCS) como un enfoque del pensamiento de sistemas. Esta metodología provee un soporte para el problema de la razón práctica<sup>6</sup>. Para Ulrich, el principal problema con la ciencia aplicada yace en su contenido normativo<sup>7</sup>. Ulrich, basa sus argumentos en el concepto de juicios de frontera de la ciencia de sistemas. Los juicios de frontera representa la idea de que en cualquier momento en el que apliquemos el concepto de sistema para el mundo real, uno(a) debe tener en cuenta que es lo que pertenece a el sistema y que pertenece a su entorno. La definición de las fronteras del sistema implican tomar decisiones sobre como el sistema debe ser mejorado y ayuda a la definición del problema. Lo que esta afuera del sistema - lo que pertenece a el entorno, es el contexto de aplicación, donde se debe tener en cuenta las implicaciones que el diseño tiene para aquellos afectados por las consecuencia o efectos de este. Es así que para Ulrich, tratar el problema de juicios de frontera con un modelo meramente técnico es inadecuado, por lo contrario, el arguye

<sup>5</sup> Para Churchman el pensamiento de sistemas es acerca de ética, eficiencia y efectividad, donde el concepto teológico toma gran relevancia.

<sup>6</sup> Asegurar mejoramiento y ser racionalmente justificable.

<sup>7</sup> Esto es, juicios de valor - recomendaciones para acciones, diseño, modelos y estándares de planeación, y consecuencias prácticas o efectos alternos de la proposición científica en cuestión para aquellos quienes pueden ser afectados por su implantación.



que nosotros no podemos entender el significado del modelo si no entendemos su entorno, y que todos los ciudadanos involucrados o no en el proceso, tienen que ser vistos como parte del contexto de aplicación.

## **2.4. El enfoque suave de sistemas**

Checkland and Scholes (1981) definen la metodología suave de sistemas (SSM) como una metodología que ayuda a generar mejoramiento en instituciones sociales a través de promover un ciclo de aprendizaje para la gente involucrada en la situación problema. Este aprendizaje toma lugar a través de reflexionar sobre conceptos sistémicos y permitir debate sobre el mundo. Las ideas sistémicas son usadas para organizar el pensamiento sobre la situación problema. La cual permite centrarse en la formulación del problema y en lo que es necesario hacer. SSM se divide en dos grandes partes: un proceso lógico para cuestionar el sistema y un análisis cultural. La parte de cuestionar el sistema, está compuesto por el proceso de seleccionar sistemas relevantes y compara modelos sistémicos con la realidad percibida. El análisis cultural se centra en el análisis de la intervención, esto es, el análisis de los aspectos sociales y políticos del sistema en estudio.

La siguiente sección presenta el empleo del enfoque de sistemas para el desarrollo de la estrategia de investigación en el departamento.

## **3. EMPLEO DEL ENFOQUE CRÍTICO DE SISTEMAS EN EL DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo de la estrategia de investigación en el Departamento, se realizaron dos grandes actividades. La primera, orientada a definir el sistema ideal de mejoramiento en investigación en el Departamento y la segunda de acuerdo con los sistemas relevantes establecidos, entrar a definir planes de acción para el logro del mejoramiento propuesto.

El sistema de mejoramiento de la investigación se define a través de reflexionar sobre los valores, las relaciones de poder, conocimiento y legitimación del sistema de investigación. Esto se hace soportados en las 12 preguntas de frontera de la HCS de Ulrich, las cuales están relacionadas con el *deber ser* del sistema de mejoramiento de la investigación. Las preguntas trabajadas por el grupo fueron las siguientes:

1. ¿Quién debe ser el cliente (beneficiario) del sistema a ser diseñado o mejorado?
2. ¿Cuál debe ser el propósito del sistema? ¿Qué objetivos debe cumplir el sistema?
3. ¿Cuál debe ser la medición de éxito (o mejora) del sistema?
4. ¿Quién debe ser el dueño del sistema? ¿Tiene el poder para hacer cambios al sistema?
5. ¿Qué componentes del sistema (recursos o restricciones) deben ser controlados por el dueño del sistema?
6. ¿Qué recursos o condiciones deben ser parte del entorno del sistema?. Lo que no es controlado por el dueño del sistema.
7. ¿Quién debe estar involucrado en el diseño del sistema?
8. ¿Que clases de habilidades deben estar presentes en el diseño del sistema? ¿Quién debe ser considerado el experto y cual debe ser su rol?
9. ¿Quién debe ser el padrino del sistema? ¿Dónde y cómo el diseñador debe garantizar que su diseño será implementado dentro de las medidas de éxito del sistema?



10. ¿Quién podría estar afectado por el diseño del sistema y no involucrado? Esto es, ¿Quién entre los afectados debería estar involucrado en el diseño del sistema?
11. ¿En que grado y de que manera se debe permitir a aquellos afectados tener la oportunidad de cuestionar las premisas y promesas de los involucrados?
12. ¿Sobre que visión del mundo, valores de los afectados o involucrados debe estar basado el diseño del sistema?

Como resultado de este primer proceso se resalta que el desarrollo de la estrategia se centra en el contexto colombiano, donde se percibieron factores que influyen en su entendimiento y definición. Algunos de estos factores son: el grupo de personas involucradas y/o afectadas por las decisiones; el área de conocimiento en cuestión – Desarrollo y Uso de Tecnología de Información y Comunicación, DUTIC; y el entorno sobre el cual se desarrolla y aplica la investigación – Universidad, industria y la realidad colombiana entre otros.

Adicionalmente, dentro del contexto de trabajo se tuvo en cuenta el grupo de personas involucrado, el cual se comporta como cualquier otra institución social<sup>8</sup>, donde la comunicación entre ellos puede ser afectada por diferentes ideologías que influyen sobre la concepción que ellos tienen del mundo [Torres, 1998a: 114 & Torres, 1999: 19 - 20]. Por otra parte, en el DUTIC, el enfoque empírico prevalece – concepción positivista de la ciencia [Torres, 1998b: 20 - 32]. Sin embargo, se acepta que la complejidad en esta área está presente en varias formas y posee una variedad de dificultades. DUTIC no se puede entender sobre contextos meramente técnicos, los aspectos sociales y políticos toman gran importancia y deben estar involucrados<sup>9</sup> (pag. 79).

Como resultado de los debates sostenidos a este momento se definieron también los Cinco subsistemas relevantes a trabajar. Estos son: sistema para soportar la investigación en el Departamento; sistema para soportar la investigación en la Universidad; sistema para definir y manejar proyectos; sistema para crear condiciones para involucrar estudiantes en proyectos a futuro y un sistema para soportar investigación en la facultad.

Para efectos del artículo se presenta la definición base definida en el sistema para soportar la investigación en el Departamento. La aplicación de las definiciones base y los criterios de CATWOE<sup>10</sup> dan estructura a la definición, expresión y entendimiento de la situación problema.

### **3.1. Definición Base del Sistema para Soportar la Investigación en el Departamento**

La definición base del sistema para soportar la investigación es la siguiente:

<sup>8</sup> Dentro del grupo existen expectativas, conocimientos, sanciones y reconocimientos, con roles definidos, estructuras de poder, jerarquías y toma de decisiones.

<sup>9</sup> El conocimiento sobre TI donde la ciencia de los computadores juega un papel relevante, las posibles soluciones usaran solamente aspectos relacionados con la parte técnica, más que tratar con aspectos sociales, culturales y políticos (Bloomfield & Danieli: 29).

<sup>10</sup> La definición base es una actividad importante dentro de SSM, la cual permite a través de determinar los clientes, actores, la visión del problema, el dueño del sistema y las restricciones del entorno – CATWOE, presentar una visión ideal de lo que debe ser el sistema. ( C: Clientes; A: Actores; T: transformación; W: visión del mundo; O: dueño del sistema; E: entorno)



- C** Staff del Departamento, Estudiantes, Universidad, Comunidad, Industria, Sociedad, Sociedad científica, El entorno (+/-), Jefe de Laboratorio
- A** Profesores comparten responsabilidad, Director de Departamento e investigadores tendrían el papel de líderes
- T** Generación de Investigación no estructurada debido a la inexperiencia de los investigadores  Estructura para generar localmente, nacionalmente e internacionalmente investigación reconocida de alta calidad, creando mejoramiento en el contexto colombiano por investigadores expertos.
- W** La investigación puede ayudar a mejorar la realidad colombiana. Da oportunidad para ampliar el conocimiento. Mejora condiciones para la humanidad. Genera un clima de progreso. Crea auto estima y permite a la gente hacer algo sobre lo que ellos están interesados.
- O** Decano y Vicerrector.
- E** Procesos internos. Recurso humano en el Departamento. Actividades administrativas y de clase demandan mucho tiempo. Infraestructura

#### 4. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones están orientadas a los aportes encontrados, tanto por el uso del pensamiento de sistemas como en el proceso vivido, en la búsqueda de la estrategia de investigación para el departamento.

Con respecto a la HCS, las doce preguntas, permiten a los diseñadores y involucrados en el proceso, adquirir un mejor entendimiento del significado del juicio de frontera, habilitándonos a aprender a ver a través de las necesidades objetivas de los otros. En este sentido, el uso del enfoque de la HCS trae a colación hechos éticos.

Por otra parte se puede apreciar que para el uso de la HCS y SSM, se requiere un entendimiento diferente de la noción de sistemas por los diseñadores e involucrados en la situación. Se puede decir entonces que este análisis requiere de una experiencia previa de por lo menos de los diseñadores. Es necesario ser conscientes de este hecho ya que se deben crear actividades que permitan a diseñadores y personas involucradas apropiarse de estos conceptos.

SSM con su paradigma interpretativo, hace que se busque por diferentes estados, lo cual demanda una actividad interesante de razonamiento para la búsqueda de posibles sistemas relevantes y su correspondiente evaluación crítica. SSM permite un proceso de cuestionamiento ya que tanto los involucrados como el problema en sí están abiertos a crítica.

El hecho de que HSC y SSM están basados en el pensamiento sistémico y que es aplicable para tomar acción para cambiar la situación actual, su uso permite a los involucrados tener un mejor entendimiento del problema ya que este emplea una visión holística del problema y genera un proceso de análisis más profunda.



## REFERENCIAS

- Bloomfield, B. P., and Danieli, A. (1995). The role of management consultant in the development of information technology: the indissoluble nature of socio-political technical skills, *Journal Of Management Studies* 32 23-46.
- Boland, R. J., and Hirschheim, R. A. (1987). *Critical Issues in Information Systems Research*, John Wiley Information Systems Series, London.
- Checkland, P., and Scholes, J. (1981). *Soft Systems Methodology In Action*, John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Churchman, C. W. (1971). *The Design Of Inquiring Systems: Basic Concepts Of Systems And Organisations*. Basic Books, Inc. Publishers, New York.
- Davies, L. J., and Wood-Harper, A. T. (1989). Information systems development: theoretical framework, *Journal Of Applied Systems Analysis*, 16 61-73.
- Flood, R., and Jackson, M. (1995). *Creative Problems Solving: Total Systems Intervention*, John Wiley, Chichester.
- Hughes, T. P. (1987). The evolution of large technological systems. In Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. F. (eds.), *The Social Construction. New Directions In The Sociology And History Of Technology*. MIT press.
- Torres Martínez, D. R. (1998<sup>a</sup>). *Organisational Memory: Towards and understanding and the role of information systems*, Ingeniería y Universidad, Santa Fe de Bogotá (Colombia), 2(2): 111 – 121, Julio - Diciembre.
- Torres Martínez, D. R. (1998b). *The Development Of Information Technology In Organisations: A Systemic Analysis*, Dissertation submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Arts in Management Systems, August 1998
- Torres Martínez, D. R. (1999), *Critical Systems Thinking and the Development of Information Technology in Organisations: Another perspective*, the 8<sup>th</sup> International Conference of Information Systems Development – ISD'99, Boise State University – USA, Agosto 1999.
- Ulrich, W. (1991). Critical heuristics of social systems design. In Flood, R., and Jackson, M. (eds.), *Critical Systems Thinking: Directed Readings*, John Wiley, Chichester.
- Vidgen, R. (1997). Stakeholders, soft systems and technology: separation and mediation in the analysis of information systems requirements, *Information Systems Journal*. 7 21-46.
- Winograd, T., and Flores, F. (1986), *Understanding Computers And Cognition*, Addison-Wesley. Ablex, Nowood, N.J.



# NORMALIZACION Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA EDIFICACIONES COSTERAS

*Alfonso Amezcuita-Nieto<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Jefe Sección Estructuras y Construcción Departamento de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Apartado Aereo 7829, Bogotá, D.C. Colombia e-mail: amezquit@javercol.javeriana.edu.co

## RESUMEN

En esta ponencia se trata de mostrar la incidencia del fenómeno Tsunamigénico generado principalmente por la zona de subducción de la litosfera en la costa Pacífica Colombiana, con una breve descripción de la problemática sísmica de nuestro territorio y haciendo mención a la reciente divulgación de la Norma Resistente Colombiana. Se pretende dar a conocer la línea de investigación que la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Javeriana ha planeado para formular propuestas de normalización, bajo la dirección de los docentes del Departamento de Proyectos de Grado de los estudiantes de Ingeniería Civil, de normas de diseño y construcción de edificaciones que puedan ser afectadas por Tsunamis. Se mencionan algunos temas que han sido estudiados en la zona cercana a la ciudad de Tumaco, se esbozan los que faltan estudiar sobre el tema y finalmente, los que se estima deben ser incluidos dentro del cuerpo del Código de Diseño y Construcción Sismo Resistente para tener en cuenta en el análisis, diseño y construcción de estructuras en la Costa Pacífica Colombiana.

*Palabras claves:* Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, Costa Pacífica Colombiana, Estructuras, Tsumani, Tumaco.

## 1. INTRODUCCION

Entre los fenómenos naturales desastrosos, los Tsunamis son muchas veces los más aterradores y complejos, responsables de pérdida de vidas humanas y de pérdida extensiva de la propiedad. Todo el mundo conoce los terribles efectos de los terremotos, pero la gran diferencia entre terremotos y Tsunamis está basada en el hecho de que la destrucción generada por los sismos es local, pero los Tsunamis además de producir destrucción local, pueden generar destrucción en áreas localizadas lejos del lugar donde ellos ocurren.<sup>(4)</sup>



**1.1. Tectónica Colombiana:** Desde el punto de vista tectónico, Colombia tiene una situación compleja: convergen tres placas tectónicas: La de Nazca, la Caribe y la Suramericana. El límite entre las placas Caribe y Suramericana, en la actualidad no se halla bien definido. (Fig.1) <sup>(2)</sup>

**1.2. Fallas Geológicas Colombianas:** Hasta ahora han sido identificadas mas o menos 32 fallas geológicas principales en el territorio de la República de Colombia. <sup>(1)</sup>

**1.3. Sismología Colombiana:** Territorio de gran sismicidad, como lo muestra el catálogo de la localización epicentral de los terremotos registrados en el país desde 1556 a 1995. <sup>(1)</sup>

**1.4. Zonificación Sísmica Colombiana:** Con la información sobre fallas geológicas y terremotos, se hizo la zonificación sísmica de Colombia, que se clasifica como Alta, Intermedia y Baja. <sup>(1)</sup>

**1.5. Aceleración del Suelo Colombiano:** Con la ayuda de la información suministrada por las fallas geológicas, epicentros y estimación de aceleraciones, se obtuvieron las aceleraciones pico efectivas en el territorio Colombiano, como un porcentaje de la aceleración de la gravedad. <sup>(1)</sup>

## **2. COSTAS ATLANTICA Y PACIFICA COLOMBIANA**

Colombia tiene alrededor de 2000 Km de línea costera sobre los dos océanos. Hasta el presente no se sabe a ciencia cierta si han ocurrido Tsunamis en la costa Atlántica Colombiana. En el pasado, en otros países de la cuenca del Caribe se han presentado Tsunamis y es posible su ocurrencia en el futuro; sin embargo, la más alta probabilidad de ocurrencia de Tsunamis en nuestros litorales, se encuentra en la Costa Pacífica del país.

## **3. EL FENOMENO TSUNAMIGENICO EN LA COSTA PACIFICA COLOMBIANA**

La zona del Pacífico Colombiano es por la experiencia conocida la mas afectada por el fenómeno. Se destacan a continuación brevemente dos aspectos:

**3.1 Sismicidad y Subducción de la Litosfera en el Pacífico Colombiano:** La zona de subducción de la litosfera en el Pacífico Colombiano presenta un ángulo de buzamiento de más o menos 35° con velocidad de desplazamiento aproximada de 10 cm/año y es generadora de importante actividad sísmica y Tsunamigénica. (Fig.3) <sup>(7)</sup>

**3.2 Principales Eventos Tsunamigénicos en el Pacífico Colombiano:** En la costa Pacífica Colombiana, especialmente en la zona costera cercana a la ciudad de Tumaco, han ocurrido importantes terremotos tsunamigénicos. Los principales de ellos han sido:

- Agosto 16 de 1868. Un pequeño Tsunami fue detectado en las islas Ryukyu causado por un terremoto ocurrido al sudeste de Colombia y cercano al Ecuador. Hubo numerosos muertos en Colombia. <sup>(8)</sup>
- Noviembre 5 y 6 de 1884. No está claro si en estas fechas en Colombia ocurrió un gran terremoto o un Tsunami. Varias ciudades fueron afectadas, especialmente la ciudad de Cali. <sup>(8)</sup>



- Enero 31 de 1906. En esta fecha ocurrió un catastrófico terremoto y Tsunami entre las costas de Colombia y Ecuador. El terremoto se sintió fuertemente en Guapi (Colombia), Guayaquil y Quito (Ecuador). Hora y media más tarde empezó el Tsunami y las olas afectaron grandemente a Tumaco, Timbiquí, Micay y Mosquera. La altura de las olas fue estimada entre 2.50 a 5.00 m. Este evento mató entre 500 a 1500 personas.<sup>(8)</sup>
- Enero 19 de 1958. Un Tsunami ocurrió en Esmeraldas, Ecuador. Las olas causaron daños en Tumaco, Colombia.<sup>(8)</sup>
- Diciembre 12 de 1979. En esta fecha ocurrió un fuerte terremoto cuyo epicentro fue ubicado a 75 Km frente a la línea costera de Tumaco, localizado en el inicio de la zona de flexión de la litosfera y con profundidad aproximada de 30 Km. El subsecuente Tsunami causó la destrucción de 6 aldeas y 542 muertes. La máxima elevación de las olas fue de 5.00 m.<sup>(7,8)</sup>

#### **4. CODIGO COLOMBIANO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE**

Recientemente, el gobierno Colombiano emitió la Ley 400 de 1997 y las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 (Decreto 33 de 1998), instrumentos legales que regulan el diseño y la construcción de edificaciones en el territorio Colombiano.<sup>(1)</sup>

#### **5. INTERES DE LA UNIVERSIDAD JAVERIANA EN LOS TSUNAMIS**

En Colombia los Tsunamis son mas o menos bien conocidos por las gentes que viven cerca de la Costa Pacífica y particularmente en ciudades como Cali, Buenaventura y Tumaco. Pero en otros lugares como la Costa Atlántica y en el interior del país, prácticamente el fenómeno es desconocido y tratado solamente por pocos expertos.

Por otro lado, en la reglamentación de la Norma Sismo Resistente, no son mencionados aspectos relacionados específicamente con los Tsunamis y sus particulares fuerzas<sup>(5)</sup> sobre las estructuras (edificaciones, colegios, hospitales y otras estructuras similares). Igualmente no se incluyen mapas de amenaza por Tsunami, zonas de inundación, tiempos de llegada de las olas y demás relacionados con el fenómeno<sup>(3,5)</sup>. Adicionalmente, es importante tener reglamentación adecuada que sea aplicable a cada uno de los diferentes materiales de construcción y a los tipos de edificaciones usados en el área de la Costa Pacífica Colombiana.

Por estas y otras razones, la Universidad Javeriana y específicamente en el Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y en particular el autor consideraron importante que estos temas sean estudiados y por lo tanto se ha abierto una línea de investigación dirigida por los docentes del Departamento para que los estudiantes, por medio de proyectos de grado, formulen propuestas de normas de diseño y construcción en zonas donde ocurren Tsunamis.

#### **6. OBJETIVOS DE LA LINEA DE INVESTIGACION PROPUESTA**

Entre los objetivos de la línea de investigación propuesta es el analizar varios aspectos del problema que ya han sido estudiados por otras instituciones y plantear la necesidad de elaborar otros que faltan por realizar, especialmente en la zona de Tumaco por ser la región hasta la fecha mas afectada por el evento, tal como se muestra a continuación:



**6.1 Area de Estudio:** El área de estudio de la línea de investigación está situada en la costa del Pacífico Colombiano y se ha restringido a la zona cercana a la ciudad de Tumaco, dadas sus características de alto riesgo de ocurrencia de Tsunamis, su numerosa población y su importancia turística. Las coordenadas geográficas de la ciudad de Tumaco son aproximadamente 1° 6' N y 79° 4' W. (Fig.2)

**6.2 Estudios Realizados Sobre Amenaza:** Análisis y evaluación de los estudios realizados sobre la estimación del tiempo de arribo de las olas de Tsunami, sobre la estimación de la altura de inundación, sobre Tsunamis prehistóricos ocurridos en la Costa Pacífica Colombiana y de amenaza sobre asentamientos humanos expuestos a Tsunamis basados en el estudio de fotografía aérea a lo largo de la Costa Sur del Pacífico Colombiano. <sup>(3,6)</sup>

**6.3 Estudios Realizados Sobre Mitigación:** Análisis y evaluación de los estudios realizados sobre mitigación del riesgo por la reubicación de aproximadamente 3500 familias expuestas a los efectos de los Tsunami en Tumaco y de la construcción de un puente con la capacidad adecuada para evacuar la población de Tumaco en caso de Tsunami. <sup>(3,6)</sup>

**6.4 Estudios por Realizar Sobre Vulnerabilidad:** Estudio de los materiales usados y de los métodos de construcción en la Costa Pacífica Colombiana y de su comportamiento cuando puedan ser afectados por Tsunamis.

## **7. ADAPTACION DE LAS NORMAS PROPUESTAS AL CODIGO COLOMBIANO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION**

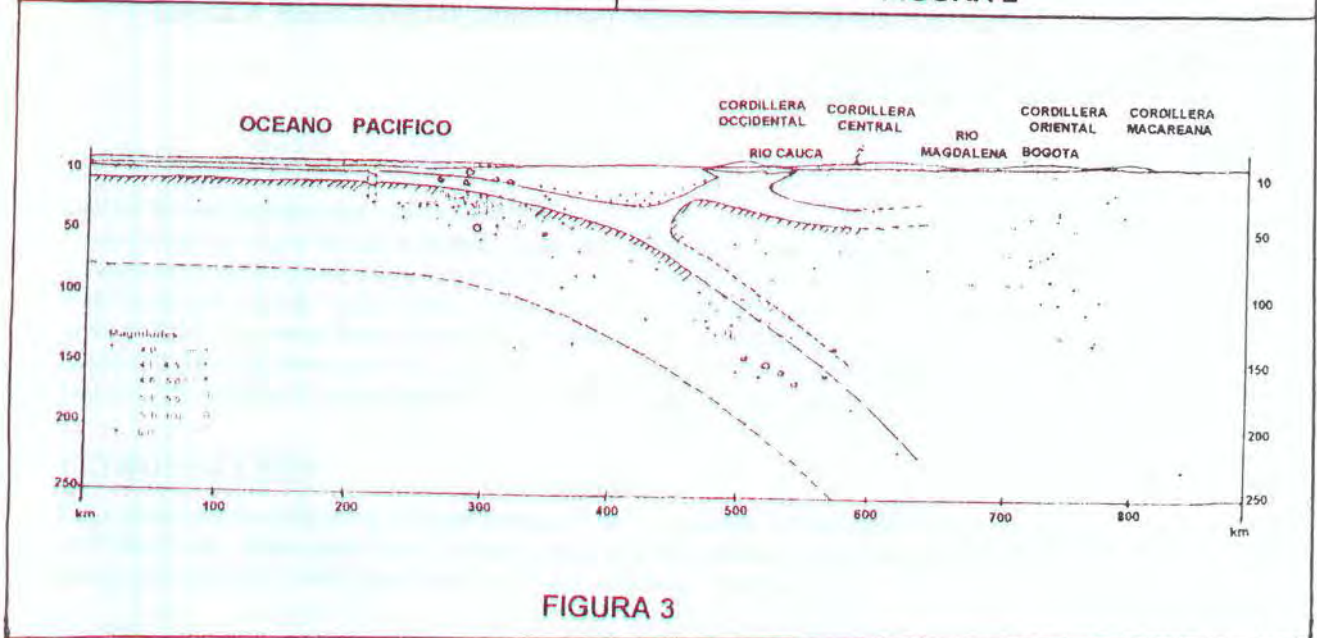
Basados en los trabajos enumerados en el numeral anterior, uno de los objetivos de la línea de investigación propuesta es la de producir las normas para el análisis, diseño y construcción de estructuras con los diferentes materiales que usan en la Costa Pacífica Colombiana, los cuales pueden ser afectados por Tsunamis. De manera que los temas que se listan a continuación mas otros que se irán identificando en el desarrollo de las investigaciones, se estima que deben ser incluidos específicamente en los títulos correspondientes en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente:

- Los mapas de riesgo y efectos locales, mapas de inundación y de elevación de las olas en la Costa Pacífica Colombiana.
- Las fuerzas producidas por las olas del Tsunami y sus combinaciones con otras fuerzas que puedan afectar las estructuras.
- Las medidas que se deben tener en cuenta para el adecuado diseño y construcción de estructuras de concreto estructural, mampostería estructural, viviendas de uno o dos pisos, estructuras metálicas y de madera sujetas a las fuerzas Tsunamigénicas.

Las propuestas de normas que resulten del desarrollo de la línea de investigación, serán sometidas a consideración de las Autoridades Colombianas de la Construcción. Si son aprobadas, proponer su inclusión en la próxima versión del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes.

Adicionalmente, deben incorporarse en la Norma Sismo Resistente, las regulaciones legales Colombianas relacionadas con el uso y ocupación de las tierras cercanas a la línea costera.







## BIBLIOGRAFIA

1. ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, 1998.  
NSR-98, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente  
Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998
2. BOLT, B.A., 1978. Earthquake: A Primer
3. COMISION COLOMBIANA DE OCEANOGRAFIA, COMITÉ TECNICO  
PARA ALERTA DE TSUNAMI, 1989, Desarrollo del Sistema Nacional para  
Alerta de Tsunami, Fase I, Centro Regional Piloto para el Litoral Pacífico  
Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería  
Observatorio Sismológico del Suroccidente (OSSO)
4. DUDLEY, W.C. & L. MIN, 1988. Tsunami!
5. FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA), 1986.  
Coastal Construction Manual, FEMA-55
6. MEYER, HJ, 1994. Prevención de Tsunamis en Colombia. Memorias Conferencia  
Interamericana sobre Reducción de Riesgos Naturales, Tomo I Ao4 10p. Casa  
Impresora Pacífico, Bogotá
7. RAMIREZ J.E. S.J. 1980. Terremotos Colombianos de Noviembre 23 y Diciembre 12 de 1979  
Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana
8. SOLOVIEV, S.L. & GO, CH.N., 1980. Catalogue of Tsunami on the Eastern of the  
Pacific Ocean, Canada Institute for the Scientific and Technical Information, National  
Research  
Council, Ottawwa, Ontario, Canada K11-OS2



# ACREDITACIÓN DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL: UNA EXPERIENCIA RECIENTE

Ing. Pablo Grech Mayor

[pgrech@puj.edu.co](mailto:pgrech@puj.edu.co)

Pontificia Universidad Javeriana

Seccional Cali

## Resumen

El Proceso de Acreditación de Instituciones de Educación Superior se inició hace aproximadamente dos años en Colombia, pero todavía es reducido el porcentaje de estas instituciones que han acreditado algún programa o que se encuentran en el proceso de acreditación. Con el objeto de ayudar a quienes se encuentran planeándolo se presenta el proceso de acreditación del Programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, resaltando los aspectos que a nuestro parecer pueden ayudar a hacerlo más efectivo. La planeación inicial, los criterios que se tuvieron en cuenta para tomar decisiones clave, los inconvenientes que se presentaron así como la forma de resolverlos serán de gran ayuda para quienes tomen la decisión de pedir la acreditación de algún programa. Viendo en retrospectiva el proceso que seguimos nos muestra que a pesar de la falta de experiencia en este tipo de actividades se logró cumplir con los requisitos exigidos a un costo relativamente bajo, aunque sobrepasando ligeramente el tiempo establecido como recomendable para este tipo de procesos. Más fueron los aciertos que los fallos, y éstos se pudieron corregir rápidamente de modo que no sufriera mayormente el proceso.

## JUSTIFICACIÓN

Dentro de las estrategias de mejoramiento de la calidad de los programas de enseñanza superior destaca por su importancia la Acreditación Académica. Varias universidades ya han obtenido dicha acreditación para algunos de sus programas y otras se preparan para dar este importante paso. Si bien existe una Guía<sup>1</sup> que detalla con minuciosidad el procedimiento para solicitar la acreditación ante el CNA (Consejo Nacional de Acreditación) se considera útil poner a disposición de la comunidad académica interesada la experiencia ganada por una universidad a lo largo del proceso que siguió para obtener la acreditación de uno de sus programas de ingeniería.

## INTRODUCCIÓN

El proceso de Acreditación finaliza formalmente<sup>2</sup> cuando el Ministro de Educación firma la respectiva Resolución. Pero para llegar a este paso ha sido necesario que un grupo de pares académicos designados por el CNA haya dado su recomendación positiva a la autoridad ministerial. Dicha re-

<sup>1</sup> Guía para la Autoevaluación con Fines de Acreditación de Programas de Pregrado, CNA, Bogotá, 1997

<sup>2</sup> Siguen los planes para corregir las debilidades reportadas por los pares en su informe.



comendación descansa en un análisis pormenorizado del Informe de Autoevaluación presentado por la universidad acreditanda, así como de entrevistas con estudiantes, profesores, etc. relacionados con el programa específico que se desea acreditar.

Entre los elementos que inciden en la decisión final de los pares destaca por su importancia el Informe de Autoevaluación; dicho de otro modo, del análisis del informe depende un 90% la decisión final. Los otros factores mencionados son elementos de juicio utilizados para corroborar la información contenida en el mismo. Por lo tanto se debe considerar de suma importancia la elaboración de dicho informe. Dado que la calidad del mismo depende estrechamente de la información suministrada para elaborarlo así como de la habilidad de sus redactores, las universidades que estén planeando solicitar la acreditación para alguno de sus programas deben prestar la atención debida a todas las actividades que forman parte del proceso de recolección de la información requerida, así como de la redacción del informe final.

En esta ponencia se detallan los aspectos más significativos del proceso seguido por nuestra universidad, aquellos que se consideran como soluciones creativas a los problemas planteados dentro del proceso de recolectar la información necesaria para responder adecuadamente los interrogantes emanados de los Factores, Características e Indicadores contenidos en la Guía de Autoevaluación del CNA. Se trata de respuestas concretas a problemas concretos, muy similares a los que seguramente encontrarán otras universidades que se embarquen en similar proyecto.

## **ANTECEDENTES**

La Pontificia Universidad Javeriana decidió presentar varios programas a consideración del CNA para su acreditación, entre ellos el Programa de Ingeniería Industrial de la Seccional de Cali, seleccionado por reunir condiciones consideradas como esenciales, tales como: antigüedad, prestigio, importancia para la Seccional, etc. Este programa tiene una matrícula de más de 1 200 estudiantes en una universidad de 5 000 estudiantes, aproximadamente. También es importante resaltar que la Seccional había conducido un proceso de Planeación Institucional en años anteriores y se encontraba en las primeras fases de una segunda parte de dicho proceso con miras a poner en práctica de manera exitosa la Misión y Visión de la Universidad en los primeros años del próximo siglo. Varios proyectos académicos derivados de su proceso de Planeación anterior se encontraban en fase terminal, habiendo superado en algunos casos las metas propuestas; la experiencia lograda a lo largo de esos años de cambio podría usarse efectivamente durante las distintas fases del próximo proceso de Autoevaluación, con miras a la Acreditación al final del mismo.

## **METODOLOGÍA**

Para la redacción de esta ponencia se seguirá la siguiente metodología:

Se analizará el proceso seguido por la universidad comenzando por la última actividad del mismo y retrocediendo hasta llegar al punto inicial del proceso. Cada una de las etapas del mismo se analizará brevemente, justificándola, explicando el procedimiento que se siguió para cumplir con ella, así como los problemas que fue necesario superar, la forma como se resolvieron y recomendaciones a quienes deseen iniciar un proceso similar.

## **ACEPTACIÓN DEL INFORME DE LOS PARES**

Una vez finalizada su visita, los pares disponen de un mes para entregar su recomendación al Ministro de Educación. Uno de los pares es el Coordinador del grupo y quien se encarga de sintetizar los informes individuales en un informe que refleja el consenso del grupo sobre la recomendación. Ésta, en forma más o menos velada, sugiere al Ministro si el programa debe ser o no acreditado, recomendando algunos correctivos que deben ejecutarse como condiciones para conceder la acreditación. En su informe se resaltan aquellos aspectos que los pares no encontraron satisfactorios, parcial o totalmente.



Se encontró en el informe algunas observaciones que no correspondían a la realidad, de acuerdo a nuestro punto de vista. Se creía que algunas de las observaciones que habían planteado los pares durante su visita habían sido aclaradas durante las reuniones que se habían sostenido con ellos. Pero en su informe se pudo observar que persistían algunos malentendidos. La comisión de la universidad que se reunió para analizarlo decidió, de todas maneras, aceptar el mismo, aunque no se estaba plenamente de acuerdo en todas sus partes. Entre las razones que respaldaron esa decisión se pueden citar: las observaciones cuestionadas no eran sustanciales; el informe apuntaba claramente a conceder la acreditación y un rechazo del informe hubiera alargado excesivamente la decisión final, algo que no se deseaba.

Se recomienda que, a menos que el informe de los pares contenga conclusiones equivocadas de carácter grave, se acepte el mismo y las inconsistencias se discutan posteriormente con el Coordinador del grupo de pares, aunque no sea sino para aclarar el o los puntos en que no se esté de acuerdo.

## **VISITA DE LOS PARES ACADÉMICOS**

Con respecto a esta actividad del proceso se considera conveniente descomponerla en varias partes para un mejor análisis:

### **Conformación del Grupo de Pares**

El grupo de pares estuvo compuesto por tres distinguidos profesionales provenientes de prestigiosas universidades, seleccionados por el CNA de sus Base de Datos de Pares Académicos, en base a su afinidad con el programa. Nuestra recomendación, en base a nuestra experiencia, para el CNA y para las universidades que soliciten acreditación es que seleccionen pares provenientes de universidades ubicadas en ciudades distintas a la de la universidad visitada. Esto ayudará a darle mayor transparencia al proceso.

### **Permanencia del Grupo**

Cuanto mayor sea el tiempo que el grupo de pares dedique a la visita la probabilidad que el informe refleje la realidad del programa será mayor. Se sugiere que los pares dediquen el 100% de su tiempo a la visita, y que este punto quede claro desde el momento en que se comprometan como pares.

### **Relaciones con el Grupo**

En las reuniones previas al proceso de acreditación se hizo hincapié por parte del CNA en que las relaciones de la universidad con los pares deberían ser cordiales y de total cooperación, pero nunca buscar mediante favores sesgar su opinión a la hora de redactar su informe. Aunque esta situación extrema se basa en realidades ocurridas en procesos anteriores a los de la actual Acreditación, y es muy sana, no está de más crear un ambiente de cálidas relaciones que facilite la labor de los pares del grupo. Ayudar con el transporte, la alimentación, reserva de pasajes, etc. contribuye a eliminar problemas secundarios de la mente de los pares que les permitirá concentrarse plenamente en su labor.

### **Facilidades de Trabajo**

A los pares se les facilitó un amplio salón de reuniones en el que disponían de teléfono local y de larga distancia, fax, computador conectado a la red y con impresora, papelógrafo y tablero seco. Así mismo se les facilitó una Secretaria para que colaborara con ellos durante su permanencia. El lugar estaba retirado del flujo normal de actividades de la universidad con el fin de que tuvieran toda la tranquilidad necesaria para realizar su misión. De la misma manera se les proporcionó servicio de cafetería.



Se considera que todas estas facilidades contribuyeron eficazmente a que la visita se realizara sin contratiempos pues todos los recursos que se necesitaron se facilitaron sin dilación.

## **Las Entrevistas**

Se entrevistaron todas las personas que intervinieron de alguna manera en la elaboración de los informes; previamente cada uno de los pares había recibido el informe final completo y en una reunión previa habían decidido repartirse el análisis de los diferentes Factores, de modo que cada uno de ellos se concentró en una parte del informe. Ya habían detectado los aspectos que necesitaban aclaración, por lo que los términos de las entrevistas fueron muy concretos.

En el informe se encontraba aclarado con suficiente detalle todos los aspectos necesarios para evaluar el programa; se estaba preparado para responder a las preguntas que iban a efectuarse, pues se sabía en qué aspectos del informe se concentrarían sus indagaciones. La labor de los pares es recabar más información sobre los puntos en que ellos tienen dudas; la labor de parte de la universidad es aportar información adicional, si es del caso, o aclarar la que a juicio del par lo necesite. En algunos momentos pareciera que cada uno está defendiendo su punto de vista. Se aconseja que no se llegue a esta situación pues pudiera enrarecer las relaciones con el grupo. Sobra decir que el informe que se les entrega debe ser tan claro y preciso que la visita sea para confirmar más que para establecer puntos de vista.

Alguno de los entrevistados opinó que ciertas preguntas que hacían los pares mostraban una actitud de desconfianza sobre los datos presentados en el informe de la universidad. La verdad es que los pares pueden confirmar en línea todo lo que aparece escrito en el informe que se les entrega; si en algún momento se tienen dudas sobre los datos entregados, debe tenerse mucho cuidado en la forma como se hacen las averiguaciones para no herir la susceptibilidad de los entrevistados.

Se realizaron entrevistas con los estudiantes, lo que planteó algunos interrogantes sobre la época en que se debía realizar la visita, pues no podía coincidir con la época de vacaciones. En segundo lugar, la forma como se debían seleccionar los estudiantes que asistirían a la entrevista de manera que no resultase sesgada debido a su composición. En el grupo deben haber estudiantes de todos los semestres, pero debe darse mayor peso a los semestres medios y altos pues son los estudiantes de estos semestres quienes pueden dar mejores respuestas a las preguntas que se les haga. No es buena idea que la universidad escoja qué estudiantes asistirán a la entrevista, por la mala impresión que ello podría causar. Una solución cristalina es dejar que sean los mismos estudiantes, a través de algún grupo estudiantil, quienes seleccionen los asistentes a la entrevista. En nuestro caso se dejó que los estudiantes definieran la composición del grupo. Los resultados de la entrevista fueron los esperados: los estudiantes se quejaron de las cosas malas que según ellos tenía el programa y alabaron los aspectos buenos.

También se llevó a cabo una reunión con profesores del programa; se citó a todos los profesores y como en el caso de los estudiantes salió a relucir aquello que siempre habían criticado y aquello de lo que no tenían quejas. De todas maneras, de acuerdo a los pares, las entrevistas con estos grupos permitieron confirmar las conclusiones del informe en lo relativo a los factores de Estudiantes y Profesores.

Finalmente, hay que señalar la visita a las instalaciones de la Universidad, especialmente los Laboratorios, Biblioteca, Salones de Cómputo, salones de clase, facilidades deportivas, etc. La recomendación es: tengan funcionando todo en la forma más normal posible, si es posible realizando actividades que permitan a los pares llevarse una clara idea de la vida académica del programa.

## **REDACCIÓN DEL INFORME FINAL AL CNA**

Una vez que los diferentes grupos de trabajo de la universidad han redactado el informe sobre el factor que les correspondió es preciso integrarlos en lo que se denomina el Informe Final de Autoevaluación, que será el documento que utilizarán los pares para analizar el programa. De la mayor



o menor habilidad que se ponga en su redacción dependerá en gran parte la obtención de la Acreditación. Es, por lo tanto, muy importante seleccionar la forma como se redactará este informe.

En nuestro caso se siguió este procedimiento: se seleccionó al Decano Académico de la Facultad de Ingeniería y al Director Académico General de la Universidad para que redactaran dicho informe. Al primero, por su conocimiento del Programa, de la Facultad y de la Universidad. El Director del Programa, que hubiera sido un excelente candidato para esta misión, estaba recién nombrado en el cargo y no tenía el conocimiento general necesario. En cuanto al Director Académico, además de conocer perfectamente el entorno de la Universidad era abogado y conocía en profundidad aspectos del informe que complementaban los del Decano. Ambos habían redactado informes sobre Factores en el mismo proceso, y habían participado desde el comienzo en el mismo, por lo que tenían un conocimiento general sobre todos los aspectos del proceso. En primer lugar se escogió un lugar aislado dentro de la universidad que tuviera computador, impresora y teléfono. Los informes de los respectivos Factores se tenían tanto impresos como en medio magnético lo que facilitaba el trabajo que se debía llevar a cabo. Las actividades que se debían realizar eran las siguientes:

1. Analizar el contenido de cada uno de los informes y comprobar que se cumpliera con lo solicitado en la Guía del CNA para cada uno de ellos.
2. En caso contrario, completar los informes que presentaran faltantes.
3. Estandarizar la presentación de cada uno de los informes en cuanto a títulos, notas de pie de página, referencias bibliográficas, numeración de tablas, etc.
4. En lo posible, lograr que los documentos tuvieran el mismo estilo literario. Hay que anotar que inicialmente se pensó en contratar un especialista en corrección de estilo. Esta idea se desechó pues se consideró que habría tomado demasiado tiempo realizar esta actividad.
5. Finalmente, se debían integrar todos los documentos en uno solo que no tuviera más de 100 páginas, siguiendo la recomendación del CNA. Sin embargo, esto se consideró como una restricción débil pues desde el principio se vio que el documento necesariamente iba a ocupar más de las 100 páginas sugeridas.

Se leyeron los informes en voz alta, por turnos, y se anotaron las partes que se deberían revisar posteriormente con más detenimiento. Esto se hizo para cada factor. Se encontró de todo: factores muy bien escritos y otros que fue necesario reescribirlos, pues era más fácil hacer esto que corregirlos. Al final de este paso todos los informes cumplían, en cuanto contenido, con las exigencias del CNA.

Aunque se intentó llegar a un estilo común, se pudo apreciar que esto era una tarea cuyos costos superaban con creces los posibles beneficios. Se prefirió encomendarse a la indulgencia de los pares que establecer un patrón de estilo común. En cuanto al tamaño del documento se logró reducir el documento final a 140 páginas, tamaño carta, tipo de letra Times New Roman de 10 puntos.

Después de dos días completos se tenía el informe final en medio magnético, en tres discos duros de computadores diferentes, así como con tres copias de seguridad en diskette.

## **REDACCIÓN DE LOS INFORMES POR FACTOR**

Para cada uno de los factores se designó un redactor del respectivo informe. Se seleccionaron los redactores por su mayor conocimiento sobre el tema tratado. Con la información recopilada a lo largo de las etapas previas del proceso se dedicaron a escribir el informe de cada uno de sus factores. Para algunos factores se seleccionaron dos redactores que trabajaron en equipo; en otros casos se encargó de la redacción una sola persona.

En el informe fue analizada cada una de las características y al final emitido un juicio sobre el factor basado en la valoración individual de cada una de sus características. El análisis de éstas seguía estos pasos:



1. El primer párrafo contenía una introducción general a la característica con el fin de ambientar al evaluador.
2. Los siguientes párrafos contenían un análisis de cada uno de los indicadores de la característica. Estos análisis iban acompañados de cifras, referencias a otros documentos, notas al pie de página, tablas, etc. Cada redactor debía tomar la decisión del nivel de respaldo cuantitativo que debía acompañar el análisis para que la lectura del documento fuera fluida.
3. Al final del análisis de los indicadores se emitía el juicio sobre el cumplimiento de la característica, de acuerdo a los delineamientos señalados en la Guía del CNA.

Este juicio era un promedio cualitativo del grado de cumplimiento de cada uno de los indicadores. En ningún momento se intentó crear un modelo matemático que arrojara resultados numéricos. Sin embargo, se considera que el procedimiento escogido permite emitir juicios con suficiente exactitud y precisión, sin tener que recurrir a procedimientos más complejos que, de todas maneras, siguen siendo subjetivos.

Al finalizar el análisis de todas las características del factor se redacta un apartado que corresponde a la apreciación global sobre el cumplimiento del factor. Se consideraron todas las características de igual valor, y la apreciación final se logra de similar manera a la utilizada para la valoración de las características.

Cada redactor o grupo de redactores encontró diferente grado de dificultad en la elaboración de su respectivo informe, y cada uno de ellos debió resolver sus problemas en forma independiente, lo que originó una falta de estandarización en los documentos entregados. Eso se reflejó en una carga adicional en el momento de redactar el informe final. Se sugirió en algún momento del proceso que se efectuara un Taller en el que cada grupo escribiera el análisis de una de sus características, comparar los documentos respectivos y llegar a conclusiones en cuanto a la forma de escribir los respectivos informes. Pero esto no se llegó a dar, por alguna razón operativa, así que cada grupo trabajó de acuerdo a su criterio teniendo como delineamiento su interpretación de las normas más o menos claras encontradas en la Guía del CNA.

La recomendación natural es realizar este Taller y ponerse de acuerdo en la forma de escribir el informe, la manera de analizar las características, bien fuese a través de las variables o de los indicadores, así como el procedimiento para valorar las características y el factor.

## RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los informes tienen como base la información que se ha recolectado previamente. Para reunir esta información hay que seguir ciertos pasos:

1. Identificar la información necesaria y sus fuentes
2. Localizar la Información identificada
3. Generar la Información, en los casos que no existiera
4. Almacenar la Información para su acceso posterior

La Guía para la Autoevaluación entregada por el CNA establece la fuente y el formato de la información requerida para cada una de las características que componen los diversos factores. Por ejemplo, indica si se trata de un Documento, de una Encuesta, si debe obtenerse a partir de entrevistas con los Profesores, Estudiantes, etc. Es responsabilidad de cada universidad concretar qué información necesita para analizar cada característica, en qué formato se encuentra y en qué dependencia de la universidad reposa.

Una de las primeras actividades que se llevaron a cabo durante el Proceso de Autoevaluación fue la formación de Equipos de Trabajo, uno por cada Factor. Existía una relación lógica entre los integrantes de cada Equipo y el Factor respectivo; por ejemplo, el Equipo del Factor 2 (Estudiantes y Profesores) estaba formado, entre otros, por el Decano de la Facultad y la Directora de la Oficina de Registro Académico; el Equipo del Factor 3 (Procesos Académicos) tenía entre sus miembros al Director de la Carrera y a la Secretaria Académica de la Facultad. De esta manera se aseguraba que existiera entre los miembros de cada Equipo un grupo de personas que conociera profundamente el tema que debía abordar el Equipo, y que conociera bien la institución.



La primera tarea de cada Equipo fue estudiar detenidamente cada una de las características del factor, para lo cual en una primera reunión se encargó a cada integrante del Equipo que analizara detenidamente una parte de las características del factor y que describiera en una reunión posterior la pertinencia de las características y de los indicadores establecidos por el CNA para ese Factor. Hay que anotar que la Universidad podía no tener en cuenta algunos de los indicadores propuestos si consideraba que no eran pertinentes. Esta fase del proceso se conoció como de **Apropiación del Factor**, pues se buscaba que cada uno de los integrantes del grupo se compenetrara totalmente con el Factor que le había correspondido. Una semana después se volvió a reunir el Equipo para discutir los resultados. Hay que hacer notar que la Universidad se apegó totalmente al modelo de Autoevaluación del CNA y que casi no se presentó exclusión de indicadores.

Lograda la adecuada comprensión del Factor se encargó a cada miembro del Equipo identificar y localizar la información necesaria para el análisis de cada una de las características. Para sistematizar este proceso se repartió a los integrantes del Equipo un Formato (FID) específicamente diseñado para este fin. La búsqueda de información pertinente arrojó un gran número de *Documentos Existentes y Localizados* que contenían la información requerida; también se identificó información que aunque no existía en documentos, se podría generar fácilmente usando los datos almacenados en las Bases de Datos de la Universidad. Otra información necesaria no se encontraba disponible en documentos, pero se conocía y usaba regularmente en la toma de decisiones académicas y administrativas. También se identificó información que era preciso obtener a través de Encuestas, Entrevistas, Talleres, etc. Finalmente se detectó información sobre la que nadie daba razón, ni de su existencia ni sobre su localización.

Mediante Encuestas a profesores y estudiantes se recogió la opinión de los mismos sobre aspectos de la vida universitaria que les afectaba; se calcularon los tamaños de las encuestas para cada caso y se efectuó una prueba piloto para probar la efectividad de las encuestas. Después de introducir las correcciones del caso se llevó a cabo la misma. Hay que recordar el cuidado que hay que tener para lograr un balance adecuado entre los estudiantes que contestarán la encuesta para que los resultados sean significativos. Una vez efectuadas las encuestas fueron procesadas (se utilizó el programa SPSS), analizándose cuidadosamente los resultados para detectar posibles inconsistencias.

Se realizaron entrevistas con directivos de la universidad para formalizar a través de documentos oficiales procesos que se venían ejecutando pero que no estaban claramente establecidos en los reglamentos. De la misma manera se programaron Talleres para obtener información de colectivos, que dadas las características de la información solicitada no era posible obtenerla a través de Encuestas. Por ejemplo, en alguna Característica se pregunta sobre la Opinión de la Comunidad Académica acerca de la calidad del Programa de Ingeniería Industrial. Para ello fue necesario reunir a Directivos de otras universidades de la ciudad para que opinaran sobre la calidad del programa.

Sin contar Encuestas, Entrevistas y Talleres se reunieron más de 390 documentos.

**ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Cada uno de los documentos se guardó en una carpeta que fue identificada con un código único a través del cual se podía acceder. Este código consta de los siguientes campos:

- Código de la Oficina de quien depende la Autoevaluación
- Serie documental
- Consecutivo de Ingreso al Archivo Central

Por ejemplo: Código 130601003-57.7-0001

|      |                                                                       |
|------|-----------------------------------------------------------------------|
| 13   | Dependencia Académica                                                 |
| 06   | Dirección Académica                                                   |
| 01   | Proyectos Académicos                                                  |
| 003  | Autoevaluación - Acreditación                                         |
| 57.7 | Código que corresponde a la serie de Archivo central "Autoevaluación" |
| 01   | Consecutivo ascendente                                                |



Las carpetas se almacenaron físicamente en el Archivo Central; si se necesitaba un documento se llenaba una solicitud que se entregaba a un empleado que se contrató para manejar todo lo relativo al proceso de Autoevaluación y Acreditación. Entregaba las carpetas y se firmaba un recibo. Algunas carpetas no contenían el documento en sí, ya que éste por sus características (por ejemplo, las Actas del Consejo de Facultad) no se podían trasladar fuera de su lugar de origen. Para estos casos la carpeta correspondiente al código buscado contenía una referencia cruzada que dirigía al usuario hacia el lugar físico donde se encontraba el documento. Esta referencia cruzada contiene los siguientes datos:

1. Factor, Característica, Indicador
2. Nombre del Documento
3. Sitio de Ubicación
4. Persona a cargo del documento

El sistema funcionó bien pero rápidamente se encontraron algunos inconvenientes:

1. Otra persona tenía el documento que alguien necesitaba
2. Era necesario ir hasta el Archivo para hojear los documentos para saber cuál era el que se necesitaba
3. A veces el trámite era demorado

La recomendación que se hace para mejorar este sistema de almacenamiento y acceso es colocar en formato electrónico los documentos, bien sea generándolos inicialmente a través de herramientas informáticas (Procesador de Texto, Excel, etc.) o a través de la digitalización de los documentos ya existentes. Aunque este procedimiento puede parecer largo (lo es) tiene la ventaja que una vez realizado sirve para siempre y para otros procesos, inclusive para colocarlo en la página WEB de la universidad. Una vez en formato electrónico, se asigna a cada documento un código de acceso y se colocan en la Intranet de la universidad y se accede a ellos como si fuera hipertexto.

La ventaja de este enfoque es obvia: todos tienen acceso a los documentos al mismo tiempo; no es necesario desplazarse hasta el lugar donde se encuentra el documento; se pueden hojear los documentos hasta encontrar la información que se busca; se elimina el trámite administrativo; los pares pueden acceder a cualquier documento desde su sala sin tener que pedirlos ni desplazarse hasta donde se encuentran físicamente; si se desea darle seguridad a este esquema se puede introducir uno o varios niveles de seguridad, usando *Passwords* y/o cifrado.

La universidad no usó este esquema por razones de tiempo y, quizás en ese momento, no se tenían las facilidades de que dispone la universidad en la actualidad en cuestión de experiencia y recursos. Pero para alguien que piense en realizar el proceso de Autoevaluación y Acreditación esta recomendación es importante.

## GRUPO OPERATIVO

Para que todo este proceso funcionara era preciso disponer del respaldo logístico adecuado; este respaldo estaba constituido por el Grupo Operativo.

A cabeza del mismo se encontraba el Gerente del Proyecto. Desde el comienzo del proceso se vio la necesidad de que alguien con las características adecuadas se hiciera cargo del proceso, ya que las demás personas involucradas en el mismo tenían demasiadas ocupaciones como para echarse otra carga encima. Se contrató a un Profesor de Medio Tiempo y se le concedió otro Medio Tiempo para que lo dedicara al proyecto. Se buscó una persona que tuviera un conocimiento general sobre todas las fases del mismo y que además poseyera capacidad de trabajo en equipo, y de dirección. Se buscó que tuviera conocimientos de sistemas de información, así como de manejo de proyectos. Afortunadamente se encontró esa persona dentro de la planta de personal de la Facultad: Ingeniero Industrial, especializado en Sistemas de Información y con una amplia experiencia en desarrollo de proyectos. Se considera que estas son las características básicas que debe reunir la persona que se haga cargo del Proceso de Autoevaluación y Acreditación. Lo del Medio Tiempo se explica por limitaciones económicas; es posible que con un Gerente de Tiempo Com-



pleto la duración del proceso se hubiera reducido. No hay que perder de vista que en la mayor parte de las actividades se encuentran incluidos directivos de la facultad que no pueden disponer de todo su tiempo para dedicarlo al proyecto. Así que, aunque se acepta que una mayor dedicación del Gerente puede acortar el tiempo de ejecución del mismo, no se considera que sea directamente proporcional la disminución.

A cargo del Gerente se encontraba el Coordinador del Grupo Operativo. Para esta persona se buscó un Ingeniero Industrial con experiencia en Mercadeo, pues algunas de las actividades requerían realizar encuestas, entrevistas, etc. y se consideraba que una persona con este perfil podría ayudar a darle robustez al proyecto. Se contrató a un profesor de la carrera de ingeniería industrial, con quien se llegó a un acuerdo para el pago del tiempo que dedicara a las actividades del proyecto.

Se completó el Grupo con profesionales especializados en diversas áreas: Psicóloga Organizacional para la elaboración de las Encuestas; Ingeniero de Sistemas para dar soporte en el procesamiento de la información; etc.

Sin lugar a dudas el Grupo Operativo fue uno de los grandes aciertos del Proceso; sin él hubiera sido todo mucho más difícil y la duración del Proceso se hubiera alargado sustancialmente. También la identificación de las características del Gerente y su contratación fue un punto positivo para la marcha del proceso. Si se afirma que todo transcurrió sin inconvenientes, se está mintiendo. Hubo problemas y momentos de conflicto entre los Equipos de Trabajo por Factor y el Grupo Operativo. En algunas ocasiones se tuvieron que cambiar las reglas de juego sin previo aviso; no se debe olvidar que la universidad fue una de las primeras en embarcarse en el proceso de Autoevaluación y Acreditación y que muchas de las tareas que se debían llevar a cabo no tenían precedentes. Por lo tanto, era fácil equivocarse y cuando alguien se da cuenta que se ha equivocado debe corregir. Sin embargo, descontando estos pequeños inconvenientes, el proceso funcionó muy bien. Es indispensable programar reuniones de control para rectificar cuando sea necesario. En los actuales momentos en que el correo electrónico es una comodidad al alcance de todos, así como las listas de discusión, podría pensarse en usar todas estas herramientas para lograr mayor efectividad. Esta sugerencia es interesante sobre todo en aquellas instituciones de gran tamaño, en las que concretar una reunión se vuelve una dificultad por los desplazamientos así como para encontrar horarios compatibles en las agendas de todos los involucrados.

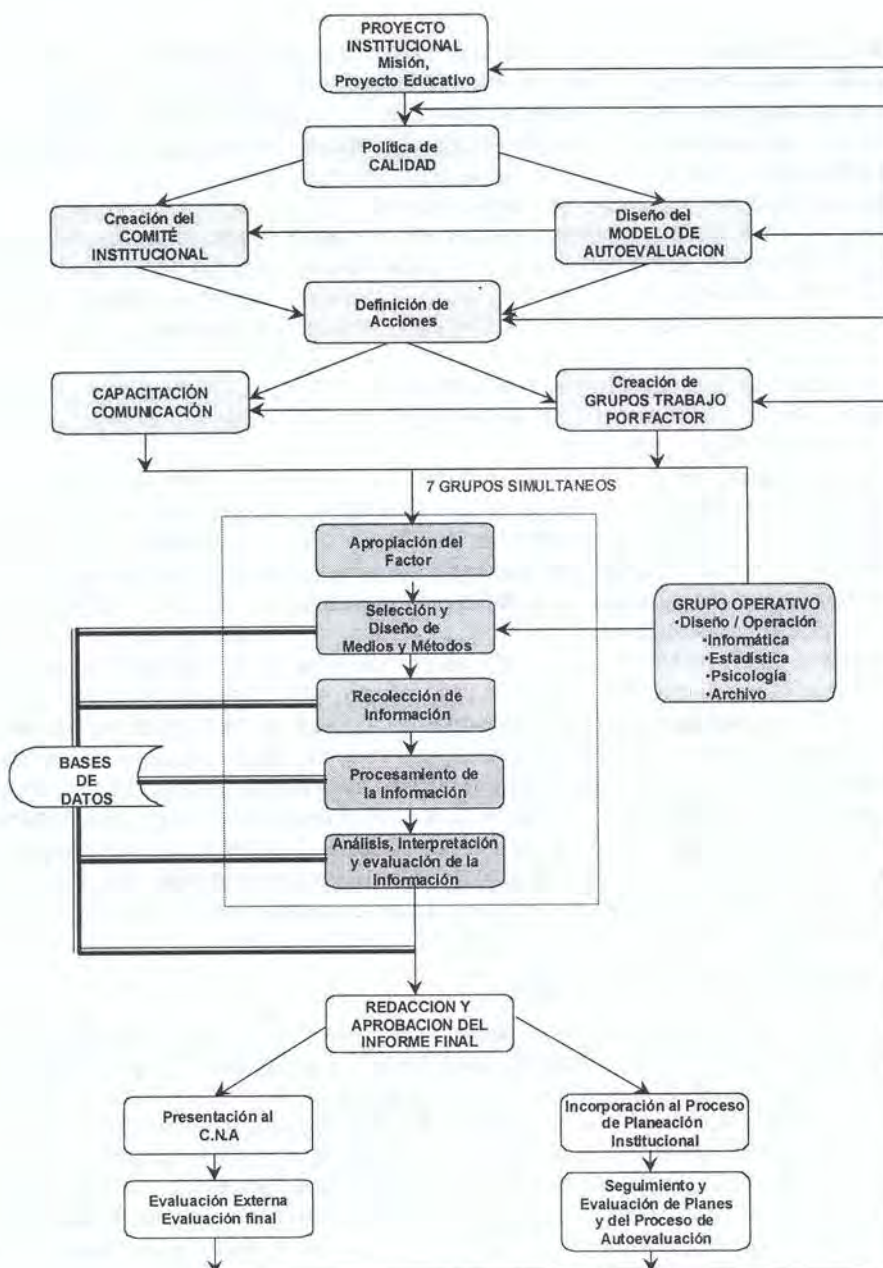
## **MODELO DE AUTOEVALUACIÓN**

Una de las primeras actividades que debió emprender el Gerente del Proyecto fue la elaboración del Modelo de Autoevaluación. Si bien en la Guía del CNA se delinean algunos aspectos del proceso, es necesario aterrizarlos y elaborar un Modelo que sea coherente con el tipo de institución en la que se va a aplicar. El Comité Interinstitucional definió los parámetros básicos que deberían tenerse en cuenta y el resto consistió en elaborar un Modelo que permitiera lograr los resultados deseados. El encargado de cumplir esta tarea fue el Gerente del Proyecto; una vez elaborado el Modelo se presentó al Comité Interinstitucional quien le dio su aprobación procediéndose de inmediato a la fase de ejecución del Proyecto. El Modelo se puede apreciar en la figura anexa.

Se aprecian en él las diferentes fases que se han descrito en este documento, y algunas que no se han discutido como la Fase de Seguimiento y Evaluación, que consiste en poner en práctica todos los planes de mejoramiento dispuestos para corregir los vacíos descubiertos en el análisis de las características. Esta parte es fundamental para obtener la Acreditación, ya que de acuerdo al criterio del CNA la no Acreditación puede darse no tanto por los faltantes observados, sino por la falta de planes para corregirlos. Por eso es importante que en la valoración global de los factores se describan las acciones que se están tomando o que se tomarán, así como los plazos, para corregir las deficiencias observadas.

El Modelo presentado es sencillo; si se planteara adoptar este modelo por otra institución sería preciso conocer las dimensiones de la entidad y el programa sobre el que se aplicaría. Hay que tener en cuenta el tamaño de la institución, tanto en términos de extensión como de población; el tamaño del programa que se fuera a acreditar, así como el carácter de la institución - privada u oficial- que puede marcar diferencias en la marcha del proceso. De todas maneras tener un modelo es un buen punto de partida; el resto es analizarlo y efectuar las necesarias modificaciones para adaptarlo a las características concretas del entorno en que se debe llevar a cabo.





## COMITÉ INTERINSTITUCIONAL

Para que un proyecto de esta naturaleza tenga razonables probabilidades de éxito es necesario tener el apoyo incondicional de las altas esferas de la institución, así como la colaboración efectiva de los restantes niveles. Esto ocurrió precisamente con el Proceso de Autoevaluación y Acreditación del Programa de Ingeniería Industrial. El Vicerrector de la Seccional dio su apoyo irrestricto al Proceso; teniendo en cuenta que sus actividades no le permitían ocupar una posición ejecutiva en el mismo, delegó en el Director General Académico de la universidad la autoridad para dirigir el Proceso. Así mismo, para involucrar a todos los estamentos de la universidad se realizó una reunión general a la que asistieron representantes de directivos, profesores, estudiantes, administrativos, empleados, etc. Se puso en conocimiento de todos el proceso que se iba a llevar a cabo y se escucharon las opiniones de los presentes para tenerlas en cuenta a la hora de organizar las diferentes actividades y grupos de trabajo. De esta manera se logró el apoyo de toda la universidad en este proyecto.



Si bien la fase de ejecución se dejó en manos del Gerente y su Grupo Operativo, el marco general en el que se desarrolló el proceso fue definido por el Comité Interinstitucional que estaba compuesto por el Director Académico de la Universidad, el Decano de la Facultad, el Director de la Carrera, su Secretaria Académica, el Director de Postgrados de la Facultad y el Gerente del Proyecto. Este Comité se reunió en varias ocasiones para considerar aspectos globales del proyecto, como, por ejemplo, el Modelo de Autoevaluación.

Tomando en cuenta la experiencia vivida se cree necesario disponer de un Comité Supervisor que defina el marco en el que se debe desarrollar el proceso, así como la solución de los problemas que se escapen del alcance del Gerente del Proyecto. Así mismo, sirve de enlace con las más altas autoridades de la universidad para informarles y rendir cuentas.

## CONCLUSIÓN

El Programa de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, Seccional Cali logró su acreditación gracias, entre otros factores, a una buena Planeación y Ejecución de su Proceso de Autoevaluación y Acreditación. La base de todo este proceso se centró en la definición de un modelo apropiado de Autoevaluación, en reunir un grupo de trabajo motivado y profesional, así como estructurar los mecanismos para recolectar y procesar la información requerida para la redacción de los informes pertinentes. Este proceso de recolección de información puede aprovecharse para completar documentos faltantes, así como para legalizar procesos que sin estar contemplados claramente en los diversos reglamentos de la institución se han vuelto práctica rutinaria en la vida de la misma.

Finalmente, tanto en la Autoevaluación como en el Informe de los Pares descubrirá la institución debilidades para las cuales debe poner en práctica procesos remediales. No se debe esperar a que se cumpla el período de la acreditación para apresurarse a corregir a última hora aquello que fue puesto como condición para otorgar la acreditación; la institución, las directivas del programa deben elaborar un cronograma de actividades que permita corregir cuanto antes las deficiencias señaladas. El hecho de que la Acreditación se conceda condicionada a ejecutar programas de corrección de las debilidades observadas, puede servir adicionalmente para mejorar el programa. En un Simposio sobre acreditación en Estados Unidos, uno de los asistentes contaba que su programa de ingeniería mecánica había sido acreditado por la ABET con la calificación de 3V, que quiere decir Acreditado por los próximos tres años con Visita de cumplimiento. Esta visita anunciada le había servido a él para conseguir más fondos para su programa con el objeto de remediar las deficiencias observadas por los pares que lo habían visitado. Decía él que de haber obtenido una calificación de 6 (seis años sin Visita de cumplimiento) no hubiera logrado obtener fondos adicionales de la Rectoría, pues un programa plenamente acreditado no requiere nada más.



# HIDROINFORMATICA: NUEVAS PERSPECTIVAS EN INGENIERIA DE RECURSOS HIDRICOS

*Nelson Obregón. Departamento de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana*

**Resumen:** Este trabajo tiene como objeto principal introducir conceptos básicos en una nueva área de investigación en Ingeniería de Recursos Hídricos, la Hidroinformática. Esta nueva disciplina está relacionada con el uso apropiado de la tecnología de la información como una herramienta facilitadora para la integración efectiva de las ciencias ambientales y sociales con aquellas disciplinas científicas propias del medio acuático tales como la mecánica de fluidos, hidráulica e hidrología, entre otras. El énfasis de esta primera investigación es dado a las generalidades de la Hidroinformática en la Ingeniería Civil y de recursos hídricos junto con la aplicación de conceptos de Inteligencia Artificial (ej: algoritmos genéticos) a la aproximación de problemas encontrados en estudios de modelación hidrológica (modelacion temporal de lluvia). Un ejemplo ilustrativo de estas ideas es presentado a través del Modelo Fractal-Multifractal.

## 1. INTRODUCCION

Los recientes avances tecnológicos de las dos últimas décadas han producido importantes cambios en la enseñanza, estudio y práctica de los procesos, técnicas y métodos de la Ingeniería. En particular, la rapidez computacional y el fácil acceso a computadores personales y estaciones de trabajo en universidades, oficinas y centros de investigación han propiciado la aparición de constantes paradigmas en las metodologías de la investigación básica y aplicada de todas las disciplinas científicas tales como la física y matemáticas, medicina y aún en el corazón mismo de las ciencias sociales (sicología, sociología y antropología).

En el campo de la Ingeniería hoy por hoy resulta imposible concebir algún tipo de estudio y/o proceso que no requiera (o sugiera) el uso de los computadores. Procedimientos de control en procesos de producción industrial, tecnología de navegación espacial, diseño y optimización de redes de información y cálculos complejos en modelos matemáticos son algunos de los ejemplos por citar que en la actualidad resultarían difíciles de implementar sin la ayuda de un computador. Su velocidad de computo y la disminución de posibilidades de error los convierten en complementos claves en el desempeño de nuestras funciones docentes, investigativas y de servicio profesional ingenieril. En esta luz, la Ingeniería Civil junto con sus áreas de conocimiento (geotecnia, transporte, hidrología e hidráulica, estructuras y sismología, etc.) constantemente renuevan sus herramientas de enseñanza, investigación y aplicación como consecuencia de la aparición de productos tecnológicos tales como nuevo software y hardware más eficiente y



eficaz, modernos protocolos de telecomunicación, Internet, nuevos lenguajes avanzados de programación y la visualización gráfica, entre otros.

Aunque la Informática se halle (implícitamente) presente en cada una de estas áreas de la Ingeniería Civil, vale la pena resaltar una de sus múltiples aplicaciones agrupada bajo el nombre de *Hidroinformática*. Definida ésta como aquella disciplina que utiliza la tecnología de la información en el marco del aprovechamiento y conservación del recurso hídrico. Involucrando de esta forma conceptos variados de otras disciplinas como la Mecánica de Fluidos, Hidrología, Hidráulica, Ingeniería de recursos hídricos, Ingeniería ambiental, etc.

Se llama la atención sobre la Hidroinformática no solo por el auge que ésta ha tenido en la última década (debido a sus obvias ventajas), sino también por los excelentes programas de educación continuada y postgrado (maestría y doctorado) que están siendo impulsados y promovidos en todas partes del mundo (ver por ejemplo: <http://www.ihe.nl/hi/>). Por consiguiente e inspirado por estas razones este trabajo busca introducir los principales rasgos de esta nueva disciplina. No pretende abarcar todos los temas de la Hidroinformática, sino más bien iniciar un proceso de reconocimiento de importancia hacia esta nueva área de la Ingeniería Civil que muy seguramente día a día seguirá ganando adeptos en nuestro medio debido no sólo a su misma naturaleza, sino también por la necesidad imperiosa de un manejo más racional y preciso de la riqueza hídrica colombiana.

## 2. INFORMATICA E INGENIERIA CIVIL

Dos grandes ramas de aplicación facilitan el marco referencial de la Ingeniería Civil: (i) la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales y (ii) el desarrollo sostenible de la infraestructura. En la primera de estas líneas se encuentran todos los recursos naturales y en particular aquellos denominados renovables: el aire, el agua y el suelo. Mientras que la infraestructura, entendida como el conjunto de instalaciones y facilidades (acueductos, alcantarillados, puentes, sistemas de transporte y comunicaciones, etc.) que soportan y permiten la continuidad y desarrollo de una comunidad, se convierte en el fin último y objeto social de la Ingeniería Civil.

La Figura 1 condensa esta aproximación en perspectiva de la Ingeniería Civil y le añade un tercer componente la *Informática y Telecomunicaciones* como nuevos elementos de aplicación profesional. Vale la pena resaltar que hoy en día y en contraste a la situación reinante de hace una década, los ingenieros civiles han reconocido la importancia de conceptos fundamentales de las ciencias informáticas tales como el conocimiento básico de algunos lenguajes avanzados de programación computacional y la operabilidad y funcionalidad de los computadores.

## 3. HIDROINFORMATICA E INGENIERIA DE RECURSOS HIDRICOS

La Ingeniería de recursos hídricos implica el *estudio integral* para el *aprovechamiento sostenible* de los *recursos hídricos*. Entendiéndose el *estudio integral* como aquél que converge a una aproximación científica, técnica, tecnológica, social, administrativa, financiera y legal. En el mismo orden de ideas, el *aprovechamiento* implica la utilización del agua en el desarrollo de la navegación, la pesca, la recreación, el control de inundaciones, la generación de energía y el consumo humano, industrial y agrícola. De igual forma, la connotación de *sostenible* le permite al ingeniero adelantar estudios de estimación, modelación, simulación, predicción, diseño, construcción, optimización y control de proyectos civiles conducentes al crecimiento económico,



elevación de la calidad de vida y bienestar social sin agotar la base de recursos naturales renovables, sin deteriorar el medio ambiente y sin deteriorar el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo.

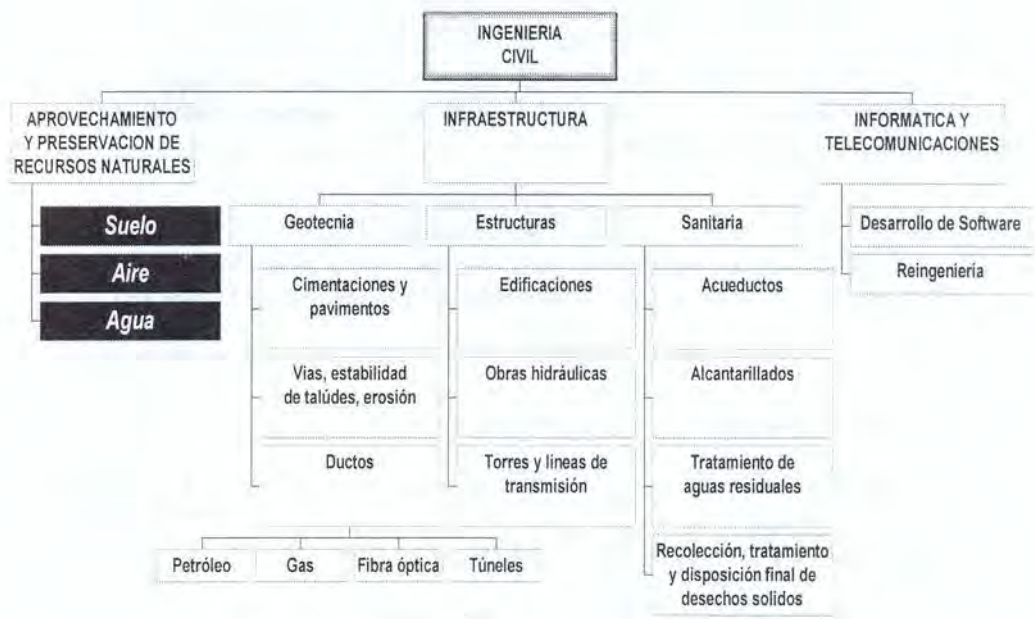


Figura 1. Principales ramas de aplicación de la Ingeniería Civil.

La Figura 2 muestra la ubicación de la Hidroinformática y de otras disciplinas que tienen que ver con los recursos hídricos en el marco de las ciencias de los recursos naturales. Como es ampliamente reconocido los ingenieros estudian los procesos físicos, químicos y físico-químicos que gobiernan el comportamiento de los recursos naturales (renovables) aire, agua y suelo mediante la aplicación de leyes de conservación (masa, momentum, energía y especies) junto con otros postulados empíricos (fenomenológicos) y relaciones de tipo geométrico fractal (leyes de potencia) y de dinámica caótica. Herramientas que van desde la misma aritmética y álgebra hasta los modernos cálculos estocásticos y métodos numéricos son también extensamente usados en el estudio y aplicación de las diferentes disciplinas como la mecánica de fluidos, hidrostática, hidrodinámica, hidráulica, hidrología e Hidroinformática entre otras.

El estudio de la Hidroinformática comprende tópicos específicos tales como la visualización gráfica computacional (ej: sistemas de información geográfica), el desarrollo de software, los procesos de reingeniería, las aplicaciones desde la inteligencia artificial (redes neuronales, algoritmos genéticos, lógica difusa), los procesos de control y optimización, la telemetría, el desarrollo y utilización del Internet, entre otros. También presenta líneas particulares de investigación donde se destacan los siguientes temas: Métodos numéricos para la modelación de simulaciones, optimización y calibración de modelos computacionales, algoritmos evolucionarios y redes neuronales artificiales, arquitecturas orientadas a objetos, procedimientos de enseñanza y aprendizaje a través del Internet, etc.



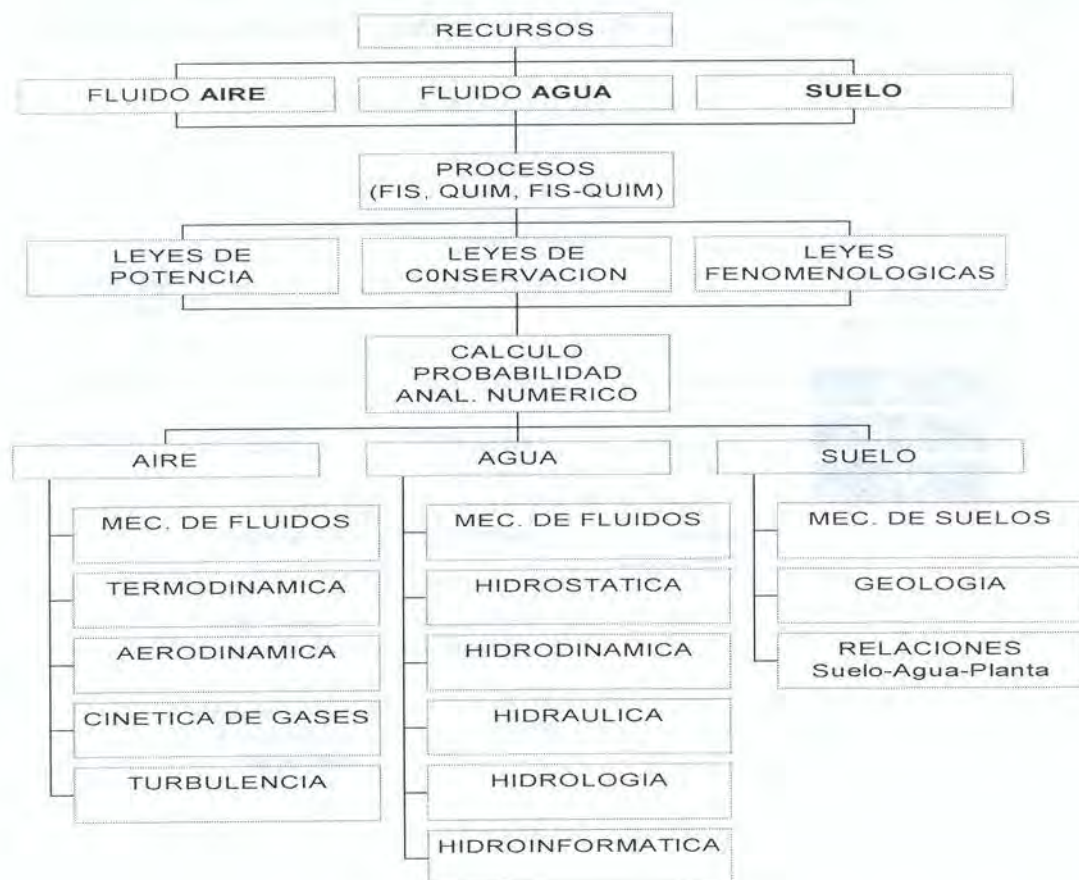


Figura 2. Aproximación científica en las ciencias de los recursos naturales

#### 4. EL MODELO FRACTAL-MULTIFRACTAL

Una aplicación de la Hidroinformática interesante podría ser visualizada con el Modelo Fractal-Multifractal (MFM) desarrollado en la Universidad de California (USA) en los inicios de la década de los noventa. La idea original consiste en generar series de tiempo y campos de datos espaciales en forma determinística y geométrica utilizando la noción probabilística de Distribuciones Derivadas (Puente, 1992 y 1994). En la actualidad esta primera aproximación del modelo ha sido extendida (Obregón 1998) a la de Proyecciones de Medidas Multifractales desde funciones de interpolación fractal (Barnsley, 1986, 1988). La idea es expresada como sigue: Suponga que sobre ciertas funciones (fractales interpolantes) “viven” medidas (series de tiempo obtenidas mediante reglas de iteración simples) que son proyectadas (desde la función) en cualquier ángulo generando otra medida (o serie de tiempo) como salida del modelo el cual es utilizado en la modelación de datos reales tales como lluvia en el tiempo, escorrentía, series de temperatura, y velocidades entre otros.

Un ejemplo ilustrativo puede observarse en la Figura 3 que muestra una función (parte superior izquierda) interpolando (en este caso) cinco puntos en el plano x-y. Debajo de esta función se



encuentra la medida “viviente” en ella la cual es proyectada desde la misma, mientras que la medida que aparece inmediatamente después hacia la derecha (de la función) es aquella medida (o serie de tiempo derivada) obtenida del modelo como resultado de la proyección. Hacia la parte extrema de la derecha de la Figura 3 se ha incluido la serie de tiempo real que corresponde a una tormenta de 8 horas (intensidad vs tiempo) presentada en la ciudad de Boston (USA) el 15 de Octubre de 1980 conteniendo 1990 valores registrados cada 15 segundos. Como puede observarse la medida generada resulta ser indistinguible cuando esta es comparada con la lluvia real. Al lector es sugerido consultar Puente & Obregón (1996) y Obregón (1998) para una completa y detallada explicación del MFM y de las aplicaciones geofísicas realizadas a la fecha. Este modelo representa un ejemplo de una aplicación hidroeinformática, en la medida en que la implementación de estas ideas es posible solo a través de un buen arsenal computacional. Programas de computador, algoritmos de optimización matemática tales como algoritmos genéticos son extensamente utilizados junto con modernas estaciones de trabajo para el desarrollo de esta nueva herramienta de modelación hidrológica e hidráulica.

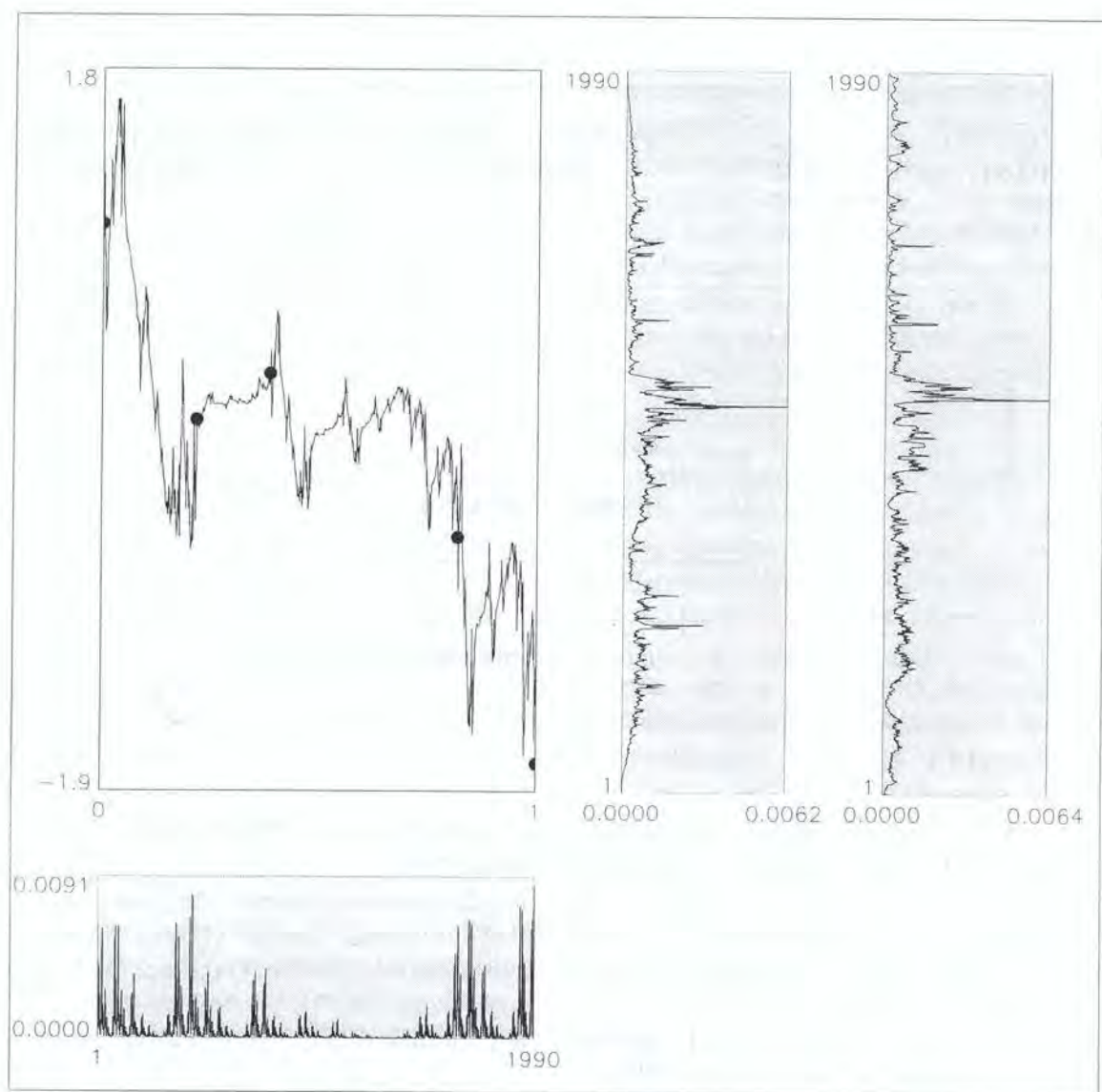


Figura 3. Aplicación del Modelo Fractal-Multifractal en la modelación temporal de lluvia.



## 5. COMENTARIOS FINALES

La Hidroinformática surge de esta forma como una disciplina impulsada por la necesidad de automatización en los procedimientos y gestiones del recurso hídrico. Es claro que universidades y centros de investigación tendrán eventualmente que reestructurar sus programas curriculares de tal forma que gran parte de la tecnología de la información sea optimamente más utilizada en los procesos de docencia, investigación y servicio. Similarmente para el caso de las firmas consultoras en recursos naturales con los procesos de reingeniería y sistematización de actividades. En la Pontificia Univesidad Javeriana, a la fecha de la publicación de este documento, existen actividades específicas tendientes a la promoción de la Hidroinformática. La Figura 4 muestra una propuesta académica hacia la definición de una línea de investigación ("Desarrollo sostenible del recurso hídrico") del Departamento de Ingeniería Civil. Cada uno de los cuadros allí mostrados representa programas amplios de investigación (o sublíneas). Note como la Hidroinformática aparece soportando cada uno de estos programas propios de la Ingeniería de los Recursos Hídricos.

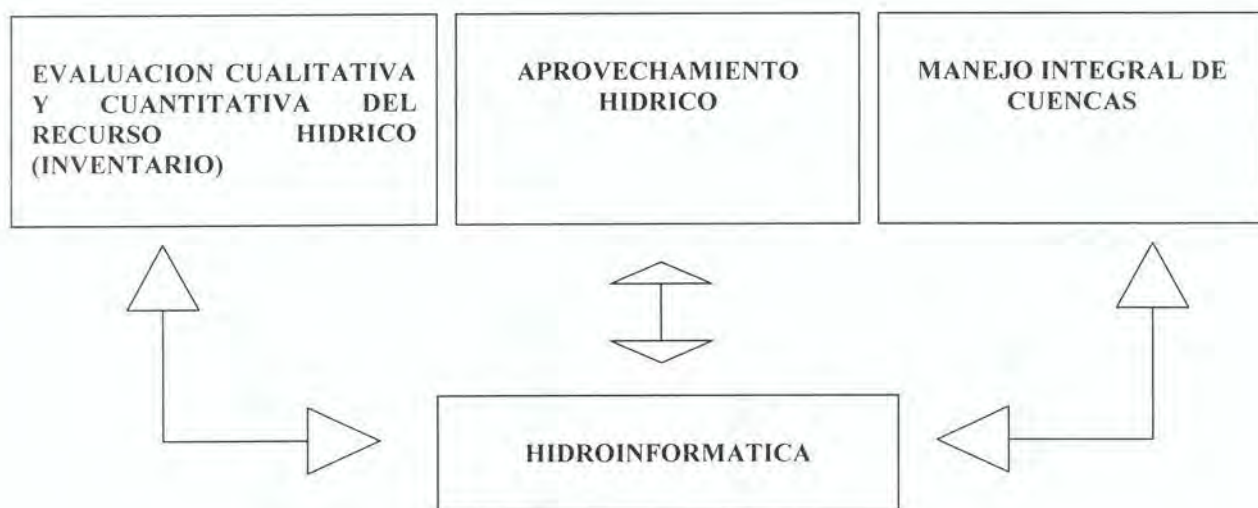


Figura 4. Hidroinformática y algunos programas de investigación.

## BIBLIOGRAFIA

- Barnsley, M. F. "Fractal functions and interpolation," *Constr. Approx.* **2**, 303 (1986).
- Barnsley, M. F. *Fractals Everywhere* (Academic Press, 1988).
- Obregón, N. "A new geometric approach to study one-dimensional complex data sets." *Doctoral Dissertation, Hydrologic Sciences*. University of California, Davis (USA), (1998).
- Puente, C. E. "Multinomial multifractals, fractal interpolators and the Gaussian distribution," *Physics Letters A*, **161**, 441 (1992).
- Puente, C. E. "Deterministic fractal geometry and probability," *International Journal of Bifurcations and Chaos*, **4**, 1613 (1994).
- Puente, C. E. and N. Obregón. "A deterministic geometric representation of temporal rainfall. Results for a storm in Boston," *Water Resources Research* **32**, 2825 (1996).



# LA PLANEACION, PROGRAMACION Y CONTROL DE PROYECTOS: UNA FORMA DE INVESTIGACIÓN PARA DESARROLLAR EL ÁREA DE INGENIERIA

Edgar Alfonso López Rodríguez.

## RESUMEN

En Colombia, la experiencia sobre el desarrollo de proyectos de cualquier tipo es deficiente. Lo anterior se debe a la falta de una planeación adecuada de acuerdo con las necesidades del proyecto que se esté gestando. Esto ha generado malestar en la gran mayoría de los ámbitos empresariales por que los costos y la duración son excesivos al finalizar el proyecto.

Para llevar a cabo una buena planeación en los proyectos es conveniente hacer un estudio detallado de los elementos o funciones que integran esta fase. El estudio implica analizar los elementos de la planeación como son: el alcance, el tiempo, los costos y la calidad con el fin de garantizar a la sociedad un resultado satisfactorio. Luego, se debe revisar el potencial humano, el riesgo, las comunicaciones e información, los suministros y proveedores. Posteriormente se estudian las funciones legales, como son las licitaciones y contratos.

Además se hace una presentación conceptual sobre la programación y el control, los cuales se analizan más cualitativa que cuantitativamente, dada la formación del ingeniero en términos de cálculos, de ruta crítica, cuadros comparativos, diagramas, curvas S y otros elementos que forman parte del seguimiento de los proyectos. De esta forma se pueden concebir proyectos más eficientes y eficaces.

## DESARROLLO

**La ciencia.** Para abordar este tema es necesario recordar el concepto de Ciencia. Si bien es cierto, el campo de la Ingeniería se mueve precisamente en el desarrollo de Ciencia moderna. De ahí que la Ciencia como tal es una “forma superior de los conocimientos humanos; es un sistema de conocimientos el cual se obtiene mediante los correspondientes métodos cognoscitivos y sistémicos, y se reflejan en conceptos exactos, cuya necesidad se comprueba y demuestra a través de la práctica social” Kédrov y Spirkin (1996).

En los tiempos modernos, hacer Ciencia se ha constituido en una forma de obtención de mercancía. El concepto de mercancía al cual nos referimos es del conocimiento que queda después de haber trasegado por los campos de la investigación científica. Por eso es bueno recordar lo que dice Mario Bunge (1978) “La ciencia como actividad pertenece a la vida social, en cuanto se aplica el mejoramiento del medio natural y artificial; a la invención y como mecanismos para hacer de la Ingeniería una Ciencia aplicada al sector social y humano.

**La ingeniería.** De acuerdo con lo anterior había que considerar la Ingeniería en relación con su contexto. Como se ha expresado en párrafos anteriores, la Ingeniería no es una Ciencia en sí misma, aunque algunos autores la consideran una ciencia aplicada. Se basa en la utilización de las ciencias naturales, como la física, la química, la biología, las ciencias formales (matemáticas y lógica) y la economía; sin embargo el propósito fundamental de la Ingeniería es mejorar la calidad de vida de la humanidad dentro de contextos determinados, fomentando el desarrollo



social y económico de la comunidad. Por esto, la ingeniería debe utilizar el apoyo de las ciencias sociales y humanas con el fin de incorporar esta dimensión a su ejercicio, y la actitud ética es inherente al ejercicio de la ingeniería, esta exige la adquisición de conocimientos empíricos y la experiencia práctica. Por esto podríamos atrevernos a definir Ingeniería. Sabemos lo que esto implica en un medio tan pragmático como lo es esta disciplina; para tal efecto nos basamos en conceptos expresados por ACOFI, el cual consideramos bastante acertado para los eruditos de este escrito. ACOFI (1996) dice, "El ingeniero es un profesional que sintetiza una serie de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos para la solución de los problemas de la sociedad en un campo específico. " ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) define la Ingeniería como: " La profesión en la cual, el conocimiento de las matemáticas y las ciencias naturales, adquirido mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio al desarrollo de maneras de utilizar, económicamente, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad".

**Proyecto.** Para apoyar los conceptos de Ciencia e Ingeniería que venimos manejando se podría hacer referencia a lo que es y significa la palabra proyecto dentro de este encuadre. El Proyecto es una acción no rutinaria, no repetitiva orientada hacia el logro de un objetivo específico y se ejecuta con metas definidas de calidad, costos y tiempo.

Además hay que caracterizarlo; dentro de las características de un proyecto de acuerdo con los criterios particulares del saber científico, estas serían: encierran complejas y múltiples actividades; es singular: Un conjunto de eventos que solo se presenta una vez; es finito: Con una fecha inicial y un final; con recursos y presupuestos limitados; interviene mucha gente por lo general de diversas áreas, funciones en las organizaciones; sus actividades están en secuencia; está orientado a logros y objetivos definidos; debe dar como resultado un producto o servicio final.

En este sentido es necesario conocer los tipos de proyectos. Estos se establecen de acuerdo con la magnitud, los fines los objetivos, el contexto y la proyección dentro de la vida social. Entonces los tipos de proyectos pueden ser:

#### **Proyectos de infraestructura**

- Edificación
- Urbanización
- Caminos
- Puentes
- Túneles
- Comunicaciones
- Puertos
- Vías férreas
- Aeropuertos
- Canales
- Embalses y represas
- Industriales
- Energía

#### **Proyectos de Investigación**

- Científicos
- Tecnológicos
- Económicos
- Sociales

#### **Proyectos del Producto**

- Productos de consumo masivo
- Comerciales
- Intangibles
- Financieros

#### **Proyectos de Informática**

- Sistemas de información
- Sistemas de control automático
- Creación de software

#### **Proyectos Institucionales**

- Salud
- Educación
- Gobierno



## PLANEACION

La realidad de un proyecto y de manera particular en el campo de la Ingeniería, tiene que ver con la planeación. Esto se entiende como el conjunto de actividades previas a la ejecución material del proyecto que van desde la toma de decisiones básicas hasta el último evento inmediatamente anterior a la ejecución.

Así mismo, la planeación tiene unas funciones, estas determinan la actitud del propietario, de los que desarrollan la idea y finalmente como manejar estas relaciones. Dichas funciones son:

- ❖ **Fundamentales:** El alcance, el tiempo, el costo, la calidad (Ver anexo).
- ❖ **Secundarios:** El potencial humano, las comunicaciones e información, el riesgo y los suministros y proveedores (Ver anexo).
- ❖ **Legales:** Licitaciones y contratos (Ver anexo).

A continuación hacemos una breve reseña de estos conceptos:

**El alcance.** Es la expresión global del propósito y la dirección hacia la que se encaminarán todos los objetivos, actividades y tareas. Cumple con las siguientes funciones:

- ❖ Definir el resultado en términos del producto o servicio final.
- ❖ Es el punto de referencia constante para solucionar discrepancias y malentendidos acerca del proyecto.
- ❖ Es la guía que mantiene el curso apropiado de todos los objetivos y el trabajo asociado de ellos.
- ❖ Existe una relación directa con los objetivos.

**El tiempo.** El objetivo de planificar la medida del tiempo es determinar la duración más corta necesaria para completar el proyecto. Inicia con la estructura de la división del trabajo y determina el tiempo requerido para terminar cada actividad. Después, debe generarse en qué secuencia se determinan las actividades y en cuales se puede estar trabajando al mismo tiempo. A partir de éste análisis habrá generado los tres elementos de tiempo más importantes: La duración de cada actividad, lo más pronto que puede comenzarse una actividad, lo más tarde que puede culminarse una actividad.

**El costo.** Existen muchas razones para hacer una planificación cuidadosa del costo del proyecto; para comenzar, si usted sobrestima los costos quizá pierda el proyecto antes de poder comenzar porque no está en posición competitiva. Un buen plan comprende la identificación de las fuentes de suministros de materiales y una investigación cuidadosa asegura que los costos son realistas. El objetivo principal de un buen presupuesto consiste en supervisar los gastos de un proyecto mientras se encuentra en proceso y evitar gastos excesivos. Dentro de componentes típicos del costo, podemos señalar: el trabajo, gastos globales, materiales, suministros, alquiler y compra de equipos, gastos administrativos y generales, impuestos, ganancia AIU (Administración, imprevistos y utilidad)

**La calidad.** Es un concepto que establece las prácticas específicas de calidad, los recursos y las secuencias de actividades correspondientes a un producto, proyecto o contrato particular. Las actividades que establecen los objetivos y los requisitos de calidad, así como los requisitos para la aplicación de los elementos, se conoce como sistema de calidad. El sistema de calidad iso 9000,



por ejemplo, establece: La política, los procesos, los productos e infraestructura organizacional, se documenta, se clarifican y mejora el criterio de saber hacer y se mantiene auditoria de calidad, acciones correctivas y revisión gerencial y preventiva.

**El potencial humano.** Los planes del proyecto y su ejecución tendrán éxito solo en la medida en que lo tengan el gerente del proyecto y el equipo encargado de su ejecución. La formación de equipos eficaces tienen tanto de arte como de ciencia. Hay quienes describen esto como un oficio. La selección de un equipo multidisciplinario tiene diversos factores: las metas y los objetivos del proyecto, la naturaleza del trabajo técnico a desarrollar, las habilidades necesarias para reclutar, asignar, delegar, vigilar, comunicar y ejecutar el trabajo requerido en cada fase del proyecto, la disponibilidad de personal en la organización donde se alojará el proyecto.

**El riesgo.** La constituyen las amenazas que rodean el plan de desarrollo del proyecto, es decir, si los riesgos del proyecto se hacen realidad, es probable que la planificación temporal del proyecto se retrase y que los costos aumenten. Los riesgos del proyecto identifican los problemas potenciales de presupuesto, planificación del tiempo, recursos humanos (asignación y organización, recursos financieros, clientes y requisitos y del impacto). Un método para identificar riesgos es construir un listado de elementos de riesgo algunos de los cuales son conocidos y predecibles entre los cuales tenemos: tamaño del proyecto, impacto, características del cliente, entorno de desarrollo, tecnología a utilizar, tamaño del recurso humano y su experiencia.

**Comunicaciones e información.** Es importante establecer un sistema de comunicaciones e información ágil y eficiente, tanto con diferentes personas y agrupaciones dentro de su empresa, llamada proyecto, como fuera de ella, para generar:

- a. Información periódica sobre el avance físico de la programación, en el momento oportuno y con la información estrictamente necesaria.
- b. Conceptos y sugerencias de personas prácticas y experimentadas que pueden estar vinculadas o no al proyecto, pero cuyo conocimiento sirve para lograr un buen control de la organización general del mismo.
- c. Archivo de informes periódicos sobre el estado de los trabajos.
- d. Reporte actualizado sobre el progreso de los pedidos de materiales y equipos, destacando los posibles retrasos que puedan llegar a presentarse.
- e. Informe de la disponibilidad del potencial humano, técnico y económico (lista de personal calificado, contratistas y proveedores).
- f. Informe sobre costos de todas las transacciones contables, de acuerdo con los procedimientos de la compañía, adoptados específicamente para el proyecto.
- g. Reportes actualizados de problemas actuales o potenciales en todos los niveles de la planeación.

**Suministros y proveedores.** Se pretende organizar el proceso de suministros y proveedores de los materiales y equipos que se encuentran en el inventario proyectado o planeado, con base en las necesidades específicas generadas de cada actividad preparadas en el curso de la planeación, los cuales se van adquiriendo durante el desarrollo del proyecto.



**Licitación.** El procedimiento por medio del cual un propietario o entidad convoca a varios para que, analizando algunas condiciones especiales, le ofrezcan la ejecución de un trabajo a cambio de una remuneración que se pacta de manera específica y en un plazo predeterminado.

Dentro de los principales aspectos que intervienen en la preparación de la licitación tenemos: la decisión de participar y adquisición de los pliegos, la elaboración de la licitación, la revisión y las estrategias, el cierre y la entrega.

**Contratos.** Es el acto jurídico que celebran dos o más personas capaces mediante el concurso de sus voluntades, para el cumplimiento de una prestación lícita por parte de la persona o personas que se obligan justamente. Definidos legalmente por C.P.; C.C.A.; ley 80 de 1993.

En el caso que nos ocupa haremos referencia a la contratación de diseños, compras, transporte, inspección y en general cualquier tipo de proyecto. Este debe tener los siguientes elementos mínimos: objeto del contrato, definición de términos, condiciones especiales, variaciones en la presentación de la propuesta, documentos que formarán parte del contrato, leyes que regirán el contrato, adjudicación del contrato, tiempo de ejecución, entrega y validez de la propuesta, cotización, servicio de compra de materiales y equipos, términos de pago, honorarios, impuestos, asistencia técnica, obligaciones y garantías, interventoría.

### **PROGRAMACIÓN**

Es una metodología que tiene por objeto determinar cualitativamente el proceso de ejecución de un proyecto en razón de las actividades que deben desarrollarse y cuantitativamente en términos de costos, tiempos y demás elementos que forman parte integral del proyecto (Ver anexo)

La fase de programación de proyectos especifica con mayor detalle el plan de proyecto. Esta fase comienza con la elaboración de una lista detallada de las actividades del proyecto que se denomina estructura de desglose del trabajo. Después establece un programa detallado de tiempos para cada actividad en la estructura de desglose del trabajo, utilizando los métodos que se describen más adelante. Cuando se determina el programa de tiempos, puede desarrollarse un presupuesto con tiempos asignados, el cual se relaciona con los tiempos de inicio y terminación con cada una de las actividades del proyecto. Por último, puede asignarse el personal del proyecto a las actividades individuales del mismo.

**Criterios a tener en cuenta en el proceso.** La programación de proyectos trata de una actividad singular que se realiza una sola vez. Como los proyectos son únicos, el problema de la programación es diferente al caso de las operaciones constantes.

Los cuatro objetivos fundamentales de los proyectos son: alcance, tiempo, costo y calidad. Como estos objetivos entran en conflicto se realizan compensaciones entre ellos constantemente.

Los objetivos complementarios de la planeación están en relación directa con el equipo, tenemos: las comunicaciones e información, el riesgo, el potencial humano y los suministros y proveedores, licitaciones y contratos.

Todos los proyectos pasan por tres fases: planeación, programación y control. La fase de planeación establece objetivos, organización y recursos para el proyecto. La fase de programación establece el programa de tiempos, costos y asignaciones de personal. En la fase de control se supervisa el avance del proyecto en relación con su alcance, costo, tiempo y la calidad.



La gráfica de Gantt es un método de programación para presentar actividades del proyecto en un formato de gráficas de barras.

Existen tres métodos de programación de red: de tiempo constante PERT, PDM y CPM. Todos estos métodos dependen de una red o gráfica para representar las relaciones de precedencia entre las actividades. En la actualidad existen aplicaciones de estos métodos por computador, como es el Project. Una red permite que se identifique la ruta crítica, la holgura y las actividades que necesitan reprogramación. La holgura es la cantidad de tiempo en que se puede extender una actividad o evento, en consecuencia, permite que el proyecto se termine en el tiempo estimado.

Los momentos de ocurrencia más próximos y lejanos de cada evento se calculan por medio de un paso de avance retrospectivo a través de la red.

PERT es un método de programación de proyectos basado en una red que requiere tres estimaciones de tiempo para cada actividad: una optimista, la más real, y la pesimista. Utilizando estas tres estimaciones de tiempo para calcularse una probabilidad de terminar el proyecto de una fecha especificada, junto con los tiempos estándares de inicio y terminación de cada actividad o evento.

CPM es un método basado en red que utiliza una compensación lineal entre tiempo y costo. Cada actividad puede terminarse en un tiempo inferior al normal apresurando la actividad con un costo dado. Es decir, pueden apresurarse ciertas actividades para terminar el proyecto en menos tiempo. PDM es un método de red que representa las actividades en círculos. Las relaciones entre los círculos se indican mediante flechas que pueden presentar una amplia variedad de relación de inicio y terminación.

## EL CONTROL

Es un sistema de revisión permanente y cotidiana de los procedimientos en curso y el pronóstico de las necesidades futuras de trabajo con el propósito de cumplir satisfactoriamente la planeación y programación del proyecto (Ver anexo).

La herramienta de mayor importancia en este proceso es el plan que se desarrolle tanto en la planeación como en la programación en donde se controlarán:

- ❖ Las actividades.
- ❖ Los recursos.
- ❖ Las restricciones
- ❖ Las especificaciones técnicas.
- ❖ El calendario de trabajo.
- ❖ El presupuesto.

Un sistema de control de proyectos, debe ser capaz de: Medir el desempeño en relación con el plan y rápidamente reportar cualquier desviación del plan y tomar decisiones inmediatas; comunicar información de la planeación y el desempeño a todas las partes involucradas; identificar nuevos objetivos en la proyección de actividades con dificultades.



Para controlar efectivamente un proyecto, se debe:

- ❖ Establecer curvas básicas.
- ❖ Monitorear el estado del proyecto.
- ❖ Identificar variaciones.
- ❖ Pronosticar.
- ❖ Analizar.
- ❖ Identificar alternativas.
- ❖ Implantar nuevas decisiones.
- ❖ Evaluar las acciones correctivas.
- ❖ Supervisar el tiempo, costo y desempeño reales
- ❖ Comparar las estadísticas reales de rendimiento con las planeadas
- ❖ Definir si se necesitan acciones correctivas
- ❖ Evaluar las actividades y definir las acciones correctivas con sus respectivas alternativas de solución.
- ❖ Tomar las acciones correctivas apropiadas
- ❖ Supervisar los términos de los contratos, licitaciones y suministros.

El control del proyecto se mantiene si se supervisa cada actividad conforme se lleva a cabo el trabajo en el proyecto. Cuando se presenta una discrepancia significativa entre los resultados reales y el plan, entonces debe efectuarse una acción correctiva. Estas acciones correctivas pueden incluir revisión del plan, reasignaciones de fondos, cambios de personal u otros cambios en los recursos. Como resultado de las acciones correctivas, el plan debe volver a ser factible y realista. Sin embargo aquí intentamos plantear un control a la planeación y a la programación, además la ejecución del diagrama general de trabajo; los cuales nos permiten visualizar qué acontece tanto en la planeación como en la ejecución.

A manera de conclusión podemos decir, tal como lo hemos expresados en las glosas anteriores, es acercarnos a la concepción de proyectos como una forma holística. Se pretende que en los proyectos estén presentes la ciencia, la técnica, el arte expresados por medio de los avances tecnológicos de hoy, que se acojan tanto la ética como la estética en su más profunda particularización; dentro de criterios concurrentes de ideas, de naturaleza, fuerzas sociales, económicas y por qué no también políticas, es decir en una cultura de la modernidad y con proyección Universal.

La construcción de un desarrollo local, regional o nacional puede darse a partir de los proyectos particulares con proyección y aplicación en el medio social donde nos encontremos, potenciando las condiciones mínimas de posibilidades que genere cada comunidad.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- HAYNES, M., Administración de proyectos, Grupo Editorial Iberoamérica, 1992.  
WEISS / WYSCKI, Dirección de proyectos, Addison-Wesley, 1992.  
KEDROV/SPIRKIN, La ciencia, Ediciones Drake, 1996.  
BUNGE, M., La ciencia su método y su filosofía, Ediciones Siglo Veinte, 1978.  
ASKELAND, D., La ciencia e ingeniería de los materiales, Grupo Editorial Iberoamérica, 1985.  
PEREÑA, J., Dirección y Gestión de Proyectos, Ediciones Díaz de Santos, S.A., 1991.  
ACOFI / ICFES, Actualización y modernización del currículo en Ingeniería, 1996.  
ARCE, S., Material de apoyo Planeación, Programación y Control de Obras, 1995.



## ANEXO

| <b>PLANEACION</b>                   |                                                                                                          |                                                                                           |                                                                                                                         |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     | <b>PLANEAR</b>                                                                                           | <b>PROGRAMAR</b>                                                                          | <b>CONTROLAR</b>                                                                                                        |
| <b>ALCANCE</b>                      | Declaración del alcance y sus objetivos                                                                  | Identificar las actividades con sus objetivos                                             | Verificar los objetivos particulares de las actividades                                                                 |
| <b>TIEMPO</b>                       | Estimar la duración del proyecto                                                                         | Estimar la duración de cada actividad                                                     | Supervisar el tiempo de duración en cada actividad                                                                      |
| <b>COSTO</b>                        | Establecer el presupuesto o costo total                                                                  | Estimar el costo de cada actividad                                                        | Verificar el costo de cada actividad                                                                                    |
| <b>CALIDAD</b>                      | Definir el aseguramiento de la calidad                                                                   | Revisar el procedimiento del estudio de los insumos del proyecto                          | Revisar el plan del sistema de la calidad                                                                               |
| <b>RECURSO HUMANOS</b>              | Determinar el equipo:<br>- Gerente.<br>- Especialistas.                                                  | Definir el número de personas que se requieren en cada actividad                          | Supervisar el equipo que participa en la planeación.<br>El equipo y los profesionales que ejecutan cada actividad       |
| <b>COMUNICACIONES E INFORMACION</b> | Planeación de la información ó comunicación                                                              | Preparar los informes y comunicaciones con la frecuencia respectiva.                      | Revisar los informes y el proceso de comunicaciones                                                                     |
| <b>RIESGO</b>                       | Identificar y cuantificar los posibles riesgos                                                           | Construir un plan de supervisión y revisión de riesgos por actividades                    | Revisar las dificultades en el planeamiento y ejecución en términos de riesgo e incertidumbre con acciones correctivas. |
| <b>SUMINISTROS Y PROVEEDORES</b>    | Determinar el potencial de requerimientos del proyecto y el proceso de compra y entrega a cada actividad | Definir y/o asignar las necesidades de cada actividad                                     | Supervisar que se adquiere y qué se entrega al proyecto                                                                 |
| <b>LICITACIONES</b>                 | Organizar y enumerar la magnitud de posibles licitaciones                                                | Determinar y/o definir qué actividades entrarían al proceso licitatorio.                  | Revisar si lo que se licita es estrictamente necesario.                                                                 |
| <b>CONTRATOS</b>                    | Generar modelos en términos generales de contratación de acuerdo con la Ley.                             | Confirmar y aplicar los términos de contratación específicos de acuerdo con la actividad. | Revisar si los términos del contrato se ajustan a las necesidades                                                       |



# **EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA EN COLOMBIA Y EN EL MUNDO**

**Asdrúbal Valencia Giraldo**  
**Ingeniería Metalúrgica y de Materiales**  
**Universidad de Antioquia**

**Guillermo Restrepo González**  
**Ingeniería Industrial**  
**Universidad de Antioquia**

## **RESUMEN**

El trabajo hace comparaciones entre la práctica de la ingeniería colombiana y la mundial. Se describen las diferencias en formación académica, uso del software, del hardware y de la gestión tecnológica. Se toman algunos indicadores de fuentes bibliográficas nacionales e internacionales y de una encuesta realizada a dirigentes de empresas y gremios de la ingeniería.

Al final se presentan algunas recomendaciones para mejorar la calidad, la organización y la competitividad de la ingeniería nacional.

## **INTRODUCCIÓN**

Uno de los grandes desafíos para los ingenieros colombianos es que no pueden perder de vista la perspectiva mundial y la necesidad de ser competitivos a escala global, mientras al mismo tiempo tienen la obligación de comprometerse con las soluciones de los enormes problemas que agobian al país. Por esta razón la ingeniería nacional debe tener como referentes las de otros países, no para copiarlas sino para emularlas adaptándolas a las características de Colombia, de modo que los “mayores agentes de cambio de la civilización” se conviertan en actores reales de la construcción del país y del mundo que se desee.

A continuación se hacen comparaciones en las áreas de la formación académica, el ambiente de trabajo y las condiciones generales del ejercicio profesional.



## 1. INTENSIDAD DE LA CREATIVIDAD Y NIVELES DE FORMACIÓN ACADÉMICA:

Las actividades ingenieriles, por la jerarquía y la creatividad se agrupan independientemente de la rama de especialización, en los siguientes niveles o categorías [1]:

- Nivel 1: **Investigación tecnológica - científica** sobre nuevos procedimientos de cálculo de sistemas ingenieriles, descubrimiento y análisis de nuevos hechos que conduzcan a progresos y desarrollos tecnológicos; creación de innovaciones en procedimientos de producción y de invenciones industriales y tecnológicas; posibles innovaciones ingenieriles que se deriven de los últimos progresos en las ciencias básicas.
- Nivel 2: **Creación de nuevos proyectos en trabajos y obras de ingeniería** mediante:
- a. Clara comprensión y una eficiente capacitación para la utilización, en nuevas circunstancias, de los principios fundamentales de las ciencias básicas del ingeniero (matemática, física, química y biología).
  - b. Aptitud para buscar y utilizar, no para retener de memoria, la información más adecuada para encarar un nuevo problema técnico.
  - c. Imaginación para encarar los problemas rutinarios de la ingeniería con espíritu innovador.
- Nivel 3: **Dirección y ejecución de obras proyectadas por ingenieros del nivel 2** o de mantenimiento de industrias establecidas, realización de proyectos de obras tradicionales que utilizan principios y técnicas establecidas.
- Nivel 4: **Realización de tareas de ensayos, mediciones, control, etc.**

El nivel 1 es jalonado por ingenieros investigadores con una alta formación: los doctores (Ph.D.). Aunque en todas partes son una minoría frente al resto de ingenieros, en Colombia son prácticamente inexistentes. Allí radica la primera gran brecha entre la ingeniería colombiana y la de los países desarrollados. Ésto ocurre en el país, puesto que son escasos los programas de maestrías y doctorados; en desventaja, incluso, frente a un buen número de países latinoamericanos.

En los países desarrollados los programas de maestría y doctorado han demostrado ser un mecanismo excelente para formar investigadores y su resultado es de gran impacto cuando hay interacción con el sector productivo [2].

Según el ICFES, el porcentaje de títulos de Doctor en ingeniería hasta 1996 era casi del 0% y las maestrías no han pasado del 1%. Otra cosa sucede en países avanzados, donde superan el 10%.

En los países desarrollados hay, incluso, una división entre universidades de tipo investigativo y las de tipo profesionalizante. En las primeras el centro de gravedad son las maestrías y los doctorados. En Francia, por ejemplo, hay 10.000 tesis doctorales por año en ingeniería.



Los títulos también están diferenciados. En Estados Unidos se otorga el título de Bachelor in Engineering a los cuatro años, pero con dos ó tres años adicionales se llega al de Master of Science o el de Doctor. En Alemania se obtiene con ocho semestres, el título de “Ingeniero Fachhochschulen”, más orientado a la práctica, mientras que con 10 ó 12 semestres el título es “Ingeniero Diplomado”, que tiene una orientación hacia la investigación y el desarrollo tecnológico; éstos son sólo el 30% del total de ingenieros y su salario es 10% superior [3]. En Inglaterra y Francia sucede algo similar.

Todo ello nos remite a la universidad colombiana, llamada a responder por la formación de posgrado en los niveles más altos. Lo cual es una invitación a reformular la misión. Algunos proponen clasificar las universidades en “Investigativas” y “Profesionalizantes”.

Los niveles 2, 3 y 4 -descritos anteriormente- corresponden a un amplio ejercicio de la ingeniería en el país y el mundo, donde no es necesario un alto nivel de formación. En EEUU, por ejemplo, esas tareas, que pueden ser el 75% de las ingenieriles, la ejercen los “bachelors” [4].

En Colombia hay necesidad de Ingenieros con título de maestría o doctorado, pues los de pregrado superan los requerimientos del sector productivo. La relación es muy superior a la de países desarrollados y subdesarrollados. El trabajo del CIDE y UNIANDES [5] encontró que en los países desarrollados la relación entre el número de graduados en ingeniería en un año y el producto interno bruto (PIB) es de 0.37, mientras que en los países subdesarrollados es 2 y en Colombia, sorprendentemente, es 7 (o sea 21 veces más que la de los países desarrollados).

La importancia de la ingeniería de alta formación en los proyectos de innovación y desarrollo tecnológico se puede mostrar en tres casos:

- a. De 201 proyectos de I + D aprobados por Colciencias desde 1995 hasta 1998, la participación de los ingenieros fue del 74% y su formación fue así: Ph.D., el 16%; M.Sc., 22%; especialistas, 15% y pregrado, 46%.
- b. Ochenta empresas destacadas tecnológicamente en el país fueron indagadas [6] sobre el papel de los ingenieros frente a la rápida transformación tecnológica que se vive en la producción. Las empresas coincidieron en la escasez de ingenieros con títulos de máster o doctorado, que en ellas pasaba ligeramente del 2% y la ausencia de un sistema nacional de innovación.
- c. Consultando funcionarios de empresas como EPM, ISA y del gobierno nacional, se detecta fácilmente que proyectos de grandes inversiones y de alta ingeniería se realizan en más de un 90% por empresas consultoras o de ingeniería extranjeras.



## 2. AMBIENTE DE TRABAJO

El actual ambiente de trabajo para la ingeniería colombiana es altamente inseguro; además de los problemas del atraso tecnológico, la recesión, la obsolescencia de las empresas y la guerra tienen postrada a la ingeniería. Continuamente están secuestrando y asesinando ingenieros en el campo; así las obras civiles, las telecomunicaciones, la distribución eléctrica, la minería y la ingeniería de la agricultura han sufrido grandes retrasos. Un panorama similar se vive en las ciudades, donde la calidad del ambiente de trabajo para los ingenieros se ha deteriorado enormemente en ciertas áreas; aunque otras, especialmente en el área de los sistemas, parece sostenerse.

## 3. COMPARACIÓN ENTRE EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA COLOMBIANA Y LA MUNDIAL

Se realizó una encuesta a veinte dirigentes de firmas consultoras y de gremios de la ingeniería. En aquella, la gran mayoría piensa que la ingeniería colombiana está a la altura de los demás países latinoamericanos, pero que es inferior a la europea, asiática o norteamericana en los aspectos de formación, software, hardware, tamaño de los proyectos e investigación y desarrollo. A pesar de que con relación a los países avanzados se reconoce una fundamentación teórica y matemática equiparable [7].

**3.1 Ventajas:** En los dos únicos aspectos en que hay coincidencia en más del 50% de los encuestados es en lo relativo a

- Un mejor conocimiento del medio geográfico y cultural.
- Salarios menos costosos.

**3.2 Desventajas:** Hay cinco aspectos que comparten más de la mitad de los encuestados y en algunos, el 70% u 80%.

- **Tecnologías de punta:** La debilidad del país en ciencia, tecnología, investigación e innovación se traduce en menor dominio del hardware y el software avanzado y especializado.
- **Limitaciones financieras:** Se tienen grandes debilidades en la disponibilidad de capital, de acceso al crédito e incluso a fondos de capital de riesgo.
- **Alianzas estratégicas:** La ingeniería extranjera avanzada muestra fortalezas en la organización, bajo modalidades como Joint Ventures, alianzas de nacionales con extranjeros y unas relaciones interesantes (de apoyo) con los gobiernos de origen.
- **Gestión tecnológica:** Nuestras grandes empresas y firmas de consultoría presentan grandes debilidades en innovación, transferencia y adaptación de tecnología, lo mismo que en la gestión de procesos y proyectos tecnológicos.
- **Visión parroquial:** En este aspecto se incluyen desventajas relativas a la no claridad sobre la globalización, sistemas de comunicación e información precarias y el no manejo de un idioma extranjero.



- **Otras:** Aspectos muy puntuales fueron referidos a la pobre y pequeña estructura tecnológica de nuestras empresas; mercado fragmentado por la privatización de empresas estatales; debilidad gremial; aversión al riesgo y la situación sociopolítica del país que no genera condiciones.

#### 4. RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD Y LA COMPETITIVIDAD DE LA INGENIERÍA COLOMBIANA

- **Con relación a la universidad:** En este asunto se reclama una universidad con programas de maestría y doctorado, que empiece por elevar la formación académica de los profesores. En Colombia, los docentes con doctorado no pasan del 3%. En EEUU, el 55% de los profesores de las universidades y colleges tienen Ph.D. En las universidades excelentes, es el 100%. El doctorado es el espacio natural para la investigación y, por tanto, para la generación de actividades y programas de I + D con el sector productivo y gubernamental, que pueden financiarlos en gran medida. Un profesor del MIT señala [8] que las empresas relacionadas con esa universidad, si fueran un país, sería la economía 14 del mundo, algo menor que Sur África. Aquéllas representan el 5% del empleo y el 25% de la manufactura del estado.

De otro lado, la universidad es muy importante para generar el Sistema Nacional de Innovación.

- **Gestión Tecnológica:** Los encuestados reclaman esfuerzos de la ingeniería colombiana por una mayor capacidad en este aspecto, que incluya más y mejores firmas de consultoría y una estrategia de alianzas con firmas extranjeras.
- **Sistemas de información:** Se manifiesta la necesidad de disponer de bancos de datos, comunicaciones e información inteligente, con relación a las tecnologías avanzadas.
- **Otras:** Recomendaciones puntuales se refirieron a repatriar cerebros; apoyo del gobierno a la ingeniería en proyectos de infraestructura; generalizar el aseguramiento de calidad (ISO 9000/14000); fortalecer al gremio de ingenieros; interacción con la comunidad científica y tecnológica internacional...

#### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cernuschi, Félix. "Criterios modernos para la formación de ingenieros", Integrando, N° 3, Montevideo, junio 1999, Sitio: [www.fing.edu.uy/cei/integrando,revista-revista-03/formaci/html](http://www.fing.edu.uy/cei/integrando,revista-revista-03/formaci/html).
- [2] CIDE y UNIANDES. "Formación de recursos humanos para la innovación y el desarrollo tecnológico en Ingeniería", Estudio realizado para COLCIENCIAS y el DNP, diciembre 1998.



- [3] Kennedy, Suzanne y Reihard Hoepfl, "La educación en Ingeniería en Alemania: Enfoque en los Fachhochschulen", Conferencia Mundial sobre Educación en Ingeniería, Oct. 1995, Publicación de ACOFI, 1996.
- [4] Przemieniecki, J. S. "Key aspects of comparison between engineering education int the USA and England, Japan, Germany and Russia, Engineering education. Aims and goals for the 96"s. ABET, New York, 1992, p. 77.
- [5] CIDE y UNIANDES, Op. Cit.
- [6] CIDE y UNIANDES, Ibid.
- [7] Restrepo G., Guillermo y A. Valencia, encuesta realizada a ingenieros del país.
- [8] Bras, Rafael, "Observaciones sobre la relación gobierno, academia e industria", Seminario Ingeniería, Investigación y Sociedad, Quirama, 1998, p. 27.



# LA INGENIERÍA EN LAS PRIMERAS DÉCADAS DEL SIGLO XXI

**Asdrúbal Valencia Giraldo**  
**Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales**  
**Universidad de Antioquia**  
**Apartado Aéreo 1226**  
**E- mail: avalen@jaibana.udea.edu.co**  
**Fax : 4 - 2638282**  
**Medellín**

## **Resumen**

Partiendo de los métodos usuales para avizorar el futuro y con base en la prospectiva, se plantea el ambiente en que se desenvolverá la ingeniería a principios del siglo XXI. Se analiza el entorno tecnológico y la realidad e identidad de la ingeniería en el contexto de la globalización. Se abordan las peculiaridades de la ingeniería en un país como el nuestro, el papel que debe jugar con su compromiso con los escenarios mundiales y las grandes carencias nacionales. Se puntualizan las características que debe tener el ingeniero colombiano y los escenarios nacionales posibles en las próximas décadas. Con base en todo ello se hacen propuestas para la formación de los futuros ingenieros.

## **1. INTRODUCCION**

La situación de Colombia nos llena de temores sobre el futuro, temores que no son exclusivos de nosotros, pues el hombre de hoy vive lleno de angustia por su porvenir individual y familiar, por el de su región y su país, por el futuro humano en general.<sup>[1]</sup> Esa ansiedad también apremia a la ingeniería. De acuerdo con los expertos, más del 50% de la tecnología que se utilizará en el año 2010, todavía no se ha desarrollado, es decir que los ingenieros en las primeras décadas del siglo XXI realizarán trabajos que todavía no se conocen, en ambientes tecnológicos y organizativos que apenas sospechamos. Por tal razón aquí se analiza prospectivamente lo que será la ingeniería en las próximas décadas, con la idea de que este conocimiento es el primer paso hacia la posibilidad de proponer ideas para el mejoramiento de nuestra profesión.<sup>[2]</sup>

## **2. COMO AVIZORAR EL FUTURO**

Desde la historia temprana las sociedades han tenido instituciones de exploración futura como los videntes, profetas, oráculos, etc.<sup>[3]</sup> Hoy se dan formas nuevas, se habla de ciencia del futuro y son comunes términos como prospectiva y futurología en una era, donde la transitoriedad no permite predecir la duración y desenlace de la misma. por ello hay que abordar el tema del futuro sistemáticamente, lo que se ha hecho históricamente al menos de tres maneras: una mágica, una unidireccional y otra polifacética y humanística.

La mirada mágica corresponde a la adivinación y la profecía y esta última está muchas veces revestida de un gran ropaje religioso. En la historia son famosos los profetas judíos, los



oráculos griegos, los druidas, los hechiceros medievales y demás formas arracionales que no han desaparecido en el mundo mítico que ahora convive con el posmoderno.

La mirada unidireccional se basa en los métodos econométricos de proyección, basados en los principios de la regresión estadística y el uso de los modelos de computador.

La tercera manera de avizorar el futuro es con la prospectiva, una metodología que apareció a finales de la década de 1950, bajo la inspiración de Gaston Berger cuya idea central es que el futuro no sucede ciegamente, sino que depende de la acción del hombre. En términos generales la prospectiva se concibe como el diseño voluntario de un futuro acordado como deseable o *futurable*, diferente al escenario posible o *futurible*. No puede existir una ciencia que permita prever el futuro, por el contrario la prospectiva se basa en tres postulados: el porvenir es un dominio de libertad; el porvenir es un dominio de poder; el porvenir es un dominio de voluntad.

El primer postulado afirma que no estamos condenados a un porvenir decidido de antemano, sino que está abierto a una variedad de futuros posibles. De ahí el término futurible pues los grados de libertad la acción humana están incluidos y se explican mutuamente: el futuro no existe, está por hacerse<sup>[4]</sup>. Esto no quiere decir que el porvenir va a emerger de la nada. El porvenir está parcialmente señalado por las acciones emprendidas ayer, depende en parte del patrimonio heredado, tanto en recursos naturales, como en patrimonio humano; no solamente en la cantidad de individuos, sino también en nuestra cultura, el saber hacer que no se cambia en un instante. Y a pesar de esas tendencias fuertes que no podemos subestimar, el porvenir permanece muy abierto a un abanico de futuros posibles. Como en todo proceso, así sea continuo, dinámico y globalizador, se pueden presentar eventos de difícil previsión, ante lo cual es posible generar una capacidad de respuesta para adoptar oportunamente correctivos que no vayan a desviar el proceso del *futurable* definido.

El porvenir es un dominio de poder, porque el interés de la prospectiva es tratar de anticipar las evoluciones, cuando aún tenemos algún poder para cambiar su curso. Reivindicar el poder sobre la construcción del porvenir no significa que tengamos todo el poder para crear el futuro de nuestros sueños. Hay aquí una dialéctica entre el actor y el sistema. El provenir de Colombia depende, por un lado de lo que harán los colombianos, de lo que decidan no dentro de cinco años, sino de lo que decidan hoy y mañana; de las acciones que emprendan pero también del contexto internacional en el que el país está inmerso.

El porvenir es un dominio de voluntad porque se requiere de gran imaginación para elaborar los escenarios deseables o *futurables*, en los cuales se soporta la construcción de los escenarios posibles o *futuribles*. Esa creatividad se inspira en el conocimiento de su historia, de su presente, de sus debilidades y fortalezas, tanto actuales como potenciales y de los riesgos y oportunidades de sus entornos, pues no se trata simplemente de soñar utopías<sup>[5]</sup>. Por todo esto es que los ingenieros debemos emprender las acciones necesarias para modelar el futuro de Colombia al lado de todos los demás agentes sociales.

## *EL FUTURO DE LA INGENIERÍA EN EL MUNDO*

Hay una opinión generalizada de que el porvenir pasará por la tecnología pues si ésta no se aplica adecuadamente ocurrirá una catástrofe planetaria o una regresión indecible. Desde un punto de vista puramente tecnológico, el hambre y la pobreza en el mundo, hoy son ya inexcusables. Puede darse de comer a toda la gente, todos pueden gozar de comodidades. La



tecnología lo hace posible. Por desgracia, los patrones de conducta humana impiden que suceda. El problema de la tecnología es sobre todo un problema ético ¿en el futuro los seres humanos seremos capaces de conciliar la política con los avances tecnológicos?<sup>[6]</sup>

Aunque es posible escudriñar el futuro de la tecnología, aún no existe ninguna protección contra el mal uso de la ciencia por parte del poder político. La ciencia y tecnología están tan imbricadas en todos los aspectos sociales, que cualquier análisis prospectivo de la ingeniería pasa por una mirada a las tendencias tecnológicas globales más importantes, entre las cuales están las siguientes:

- "La consolidación de la onda electrónica en el siglo XX, que ha permeado todas las áreas del conocimiento y las diferentes aplicaciones de la producción y los servicios. Se manifiesta en el continuo reemplazo de mecanismos por automatismos cibernéticos, etc.; esto seguirá teniendo un impacto en la economía, en la industria, en los procesos de manufactura, en la formulación de los perfiles ocupacionales y en general, en la organización del trabajo."

- "La profundización del uso de la informática en todas las dimensiones, lo cual ha ampliado su radio de acción: desde las actividades empresariales de alta dirección hasta las operativas; desde las de mercadeo hasta la difusión global del conocimiento, la educación formal, no formal y virtual."

- "La aparición de redes de comunicación global, entre los computadores en todas sus modalidades (Internet). Por ejemplo en el mercadeo, en la manufactura, en el transporte, en la industria, en el trabajo de laboratorio, en la cultura, en la investigación, etc."

- "El surgimiento de tecnologías alternativas para impedir los crecientes deterioros del ambiente. Si bien el desarrollo industrial ha transformado la naturaleza en su conjunto, los balances entre ventajas y desventajas a largo plazo comienzan a influir en las alternativas de preservación del medio ambiente."

- "La consolidación de la onda tecnológica apoyada en la biología, de lo cual la ingeniería genética o biotecnología son ejemplos. Esta tendencia se fortalece con las permanentes simbiosis entre tecnologías de punta, lo cual está dando lugar a nuevas áreas de trabajo y a la difusión de nuevos productos."

- "La emergencia de metodologías blandas, que son simbiosis entre técnicas sociales y aplicaciones científicas"<sup>[7]</sup>

Así pues el ambiente en el cual trabajarán los ingenieros del siglo XXI será de industrias basadas en el conocimiento, con productos de alto valor agregado, con gran aplicación de la ciencia básica en el desarrollo de productos, y un proceso de desarrollo - diseño - manufactura que se basará en elevados niveles de simulación y de flujo de información.

Esto no significa que las industrias que tienen que ver con los recursos naturales, la infraestructura y la calidad del ambiente vayan a debilitarse, significa que las economías avanzadas se basarán "en el poder del cerebro" y las economías de escala y la simple automatización no serán suficientes para sobrevivir. Además, las tecnologías que diseminan rápidamente el conocimiento y dan fácil acceso a la información y los datos alterarán la forma y posibilidad de la sustancia del trabajo ingenieril durante la próxima generación.



El ambiente futuro será de veloz innovación con énfasis en la calidad. La cultura corporativa demandará el aumento constante de la productividad y para ello se ofrecerá a la gente los grupos o equipos, que serán estimulados, dotados y recompensados. Tales equipos tendrán funciones cruzadas y en ellos se respetará la diversidad cultural, sin embargo, habrá valores comunes como la sencillez, la integridad, el enfrentamiento a la realidad, la responsabilidad, y la inversión en la educación.

El ambiente de trabajo será más exigente, debido a la economía de la información. Como las fuentes de riqueza serán el conocimiento y las comunicaciones, más que los recursos naturales y el trabajo, habrá una dura competencia que afectará la economía global. Para sobrevivir en esa atmósfera cada ingeniero tendrá que ser tan bueno como el mejor del mundo.

La tecnología informática amplifica el trabajo mental del hombre, así como en el siglo XIX la tecnología del vapor amplificó el trabajo físico. Por ello la teleinformática, el hardware y el software son el símbolo de la tecnología de la próxima generación<sup>[8]</sup>, aunque estos no son panaceas a nuestros problemas, y los pueden resolver bien o mal. El futuro depende de los problemas que decidamos atacar y de lo bien que utilicemos la tecnología para resolverlos<sup>[9]</sup>

Estas condiciones sociales, la necesidad de comunicar, la velocidad a la cual ocurren los cambios y la presión incesante para aumentar la competitividad, hará el ambiente futuro más áspero y denso que cualquiera que se haya visto hasta ahora. Los ingenieros deberán exhibir excelentes habilidades técnicas, pero existe la necesidad real de desarrollar conocimientos globales en los estudiantes de hoy: conocimiento de otras culturas, competencia en lenguas extranjeras, idea sobre los tratados mundiales y las agencias internacionales.

La ética es fundamental por las consecuencias, cada vez más impactantes, de las decisiones ingenieriles en cualquier campo. Los ingenieros deberán ser sensibles al imperativo tecnológico, ser capaces de enfrentarlo y estar en capacidad anteponer la dignidad humana al dios mercado y a la voracidad del capitalismo.

Las siguientes son algunas características generales, necesarias en los ingenieros del futuro<sup>[10]</sup>: de grupo, incluyendo colaboración y aprendizaje activo; de comunicación; liderazgo; perspectiva en sistemas; entendimiento y apreciación de la diversidad de estudiantes, profesores y directivos; una apreciación de las diferentes culturas y prácticas comerciales y el entendimiento de que la práctica de la ingeniería ahora es global; integración del conocimiento a través del currículo; una perspectiva interdisciplinaria; un compromiso con la calidad, la oportunidad y el mejoramiento continuo; un entendimiento de los impactos sociales, económicos y ambientales en la toma de decisiones en ingeniería; ética

Es apremiante que los ingenieros tengan estas características porque el número de ingenieros en el mundo se duplica cada 10 años.<sup>[11]</sup> El mayor incremento está ocurriendo en la cuenca del Pacífico y otros países asiáticos, que han desarrollado estrategias para aumentar el número de sus ingenieros. La población corriente y los datos de producción sugieren que el número global de ingenieros en la próxima generación será, en su mayoría, de origen asiático. La contribución de India será un factor significativo. La contribución de Latinoamérica no se ha determinado a la larga<sup>[12]</sup>

Todo lo que se anota de la ingeniería del futuro debe llevar a revertir la situación actual, en que es una profesión invisible, los mayores "agentes de cambio de la civilización" deben convertirse en actores reales y centrales de la construcción del mundo que queremos.



## **EL FUTURO DE LA INGENIERÍA EN COLOMBIA**

Los ingenieros colombianos deben tener perspectiva mundial, ser competitivos a esa escala, y comprometerse con la solución de los problemas que agobian el país. Sin embargo, como anotan Bernal y Morales<sup>[13]</sup> el éxito en el desarrollo y aplicación de la ingeniería a procesos de innovación con impacto en la competitividad y avance social depende de una serie de factores macro, meso y micro que guardan una relación dinámica entre ellos. Estos factores dependen de muchos actores institucionales entre los cuales juega papel central la ingeniería.

Del análisis de los anteriores factores en Colombia se identifican algunos limitantes al desarrollo y aplicación de la ingeniería como actividad generadora de innovación y bienestar por excelencia los cuales se resumen en: entorno complejo para la investigación y la innovación; lenta transformación de la cultura empresarial; falta de gerencia tecnológica en grandes proyectos; desarrollo incipiente de los sistemas regionales de investigación; aislamiento y dispersión de los grupos de investigación en las universidades; baja formación en gestión tecnológica.

Es claro que los ingenieros colombianos de las próximas generaciones deben asumir retos y no olvidar deberes en campos específicos como los siguientes: <sup>[14]</sup> Aprender a trabajar con los políticos y todo tipo de agentes sociales; ayudar al avance de la pequeña y mediana industria, de la pequeña y mediana minería y utilizar mejor los recursos minerales poco o mal aprovechados; reforestar, detener la destrucción de los bosques y conservar la biodiversidad; ayudar a la higiene pública, atender el abastecimiento de agua potable, intervenir en la disposición de las aguas residuales y colaborar en la óptima disposición de los desechos sólidos; estudiar las patologías de las ciudades, procurar para todos una vivienda decorosa, intervenir en las barriadas en suelos inestables y comprometerse con las construcciones antisísmicas; estudiar la meteorología para prever los efectos del clima y controlar las inundaciones; mantener y rehabilitar obras de infraestructura y propiciar el suministro de energía; adoptar la producción limpia

Este, parecería un programa de gobierno, es apenas un muestrario de las muchas actividades en que los ingenieros colombianos, junto con otros agentes sociales, pueden participar activamente.

El futuro de la ingeniería en Colombia está obviamente ligado al futuro del país y frente a éste se pueden tener dos actitudes plausibles: una preactiva y otra proactiva, más importante que la anterior, porque es construir el futuro que queremos y anhelamos, nos señala que es necesario soñar con un país triunfador y podemos diseñar nuestro propio futuro, manejando la competitividad con espíritu social y sacando el mejor partido de la información.

La situación de Colombia en el año 2020, tenemos que parte por reconocer la situación actual para luego precisar cómo evolucionará. Los escenarios posibles y el escenario probable son compromiso de todos los colombianos<sup>[15]</sup> y la ingeniería debe jugar papel protagónico en ello, su contribución es decisiva, debe ser ella la que ayude a incorporar los avances mundiales a las posibilidades del país y la que por medio de la creatividad y la innovación materialice el avance de nuestra sociedad.

Hay sobre todo una tarea fundamental para la ingeniería de este país y es aportar la fuerza de su espíritu para la solidaridad, el diálogo constructivo y la acción participante para enfrentar



los retos del siglo XXI, lo cual tiene que ver con la forma de conciliar el *boom* de la revolución científico - tecnológica y su anárquica inserción en el tercer mundo.

Temas tecnológicos centrales como la biotecnología, la informática y la dimensión ambiental deben valorarse críticamente para establecer sus efectos reales. Esto muestra hasta que punto se requiere una educación integral interdisciplinaria, recibida y discutida en equipos de trabajo en los que intervengan activamente los ingenieros del siglo XXI. <sup>[16]</sup>

Para realizar las anteriores tareas es necesario un buen conocimiento científico tecnológico, pero además, como dice un estudio reciente, " Los empresarios demandan conocimientos que no están dirigidos propiamente a los fundamentos científicos de las disciplinas, sino más bien a las prácticas sociales de la empresa. Esto está relacionado con el hecho de que los entornos industriales y de trabajo se han modificado... " <sup>[17]</sup>

## REFERENCIAS

- [1] Romains, Jules, *¿A dónde vamos viajeros de la tierra?*, 1978, Taurus, Madrid.
- [2] Morales Morales, Roberto, "Formación del ingeniero para el tercer milenio", *1er Encuentro Peruano de la enseñanza de la ingeniería*, Abril de 1999, Lima.
- [3] Yezhekel, Dror, *Enfrentando el futuro*, Fondo de Cultura Económica, 1990, México.
- [4] Rodríguez Gómez, Elizabeth, "La prospectiva como disciplina sistémica: conceptos y técnicas", *Revista Universidad EAFIT*, abril 1991, No 82, p. 27
- [5] Acosta Puertas, Jaime, *Tendencias y Rupturas*, Corpes de Occidente, 1994, Bogotá
- [6] Cuervo Escobar, Julio Enrique, "Hombre y civilización en la encrucijada", *Sociedad, Educación y Desarrollo*, Dic. 1995, p. 72.
- [7] Cortés Amador, Carlos, "Planes y Prospectiva de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional", *Ingeniería e Investigación*, No 37, 1998, p. 111.
- [8] Masuda, Yoneji, *La sociedad informática como sociedad postindustrial*, Tecnos, 1984, Madrid, p. 47
- [9] Ackoff, Russel L., *Rediseñando el futuro*, Limusa, Mexico, 1995.
- [10] Smith Jr., Clifford V., "La educación n ingeniería para la competencia en el siglo XXI", *Conferencia Mundial sobre educación en ingeniería y líderes en la industria*, París, 1996, ACOFI, 1997, p. 175.
- [11] Ferro B., Jesús, "Estrategias educativas para la ingeniería del año dos mil ", *Visión de la Universidad ante el siglo XXI*, Ediciones Uninorte, 1996, Barranquilla, p. 96
- [12] Clarke, R. W. and Kulacki, F. A., "International Engineering: Tins our Engineer School Never Told You", *Mechanical Engineering Education for Global Practice. Proceedings of the 1997 ASME Mechanical Engineering Department Heads Conference*, American Society of Mechanical Engineers, 1997, New York, p. 27.
- [13] Bernal Poveda, Campo Elías y Alvaro Morales Torres, "La ingeniería colombiana y su papel en la investigación y la tecnología", *Memorias Seminario Ingeniería, Investigación y Sociedad*, 1998, Quirama, p. 95.
- [14] Poveda Ramos, Gabriel, "La ingeniería y su impacto social y económico", *Memorias Seminario Ingeniería, Investigación y Sociedad*, 1998, Quirama, p.147.
- [15] Mojica Sastoque, Francisco José, *La prospectiva*, Legis, Bogotá, 1993; Mojica Sastoque, Francisco José, *Análisis del siglo XXI*, Alfaomega, 1998, Bogotá, p. 182
- [16] Sicard, Tomas Leon, "Educar para lo superior en el Siglo XXI", *La Tadeo*, vol IX, No 41, Ab. - Jun., 1994, p.112
- [17] Salazar, Mónica, *Hacia un marco de desarrollo de la universidad estatal. Visión y acción desde la pertinencia*, ICFES – Corporación Calidad, 1998, Bogotá



# LA PEDAGOGÍA DE LAS HABILIDADES: PARADIGMA PARA EL MEJORAMIENTO CONTINUO DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

**Coralia Pérez Maya, Universidad de Cienfuegos**  
**Graciela Forero de López, Universidad del Atlántico**  
**Juan Castellanos Alvarez, Universidad de Cienfuegos**  
**Edgar Lora Figueroa, Universidad del Atlántico**

## RESUMEN

En la actualidad en todo el mundo surge la necesidad de adaptar la concepción de la enseñanza a las condiciones del rápido desarrollo de la ciencia y la tecnología. La solución de esta tarea, teniendo en cuenta las perspectivas del desarrollo, solo puede hacerlo la sociedad y el maestro, sin embargo, para alcanzarla se requiere un cambio de paradigma.

La enseñanza de la ingeniería no es ajena a estas cuestiones, por lo que se han desarrollado estudios relacionados con las tendencias de desarrollo para el establecimiento del modelo de ingenieros e ingenieras modernos . La invariante que aparece en dicho modelo, al igual que sus modos de actuación, es precisamente, la habilidad, por lo que dicha categoría puede convertirse en el paradigma que revolucione el proceso de enseñanza, tanto endó como exógenamente.

Esta es una de las conclusiones principales de este trabajo, en el que también se aproxima una reflexión pedagógica, al igual que algunas experiencias y aportes a partir de las mismas: las habilidades por disciplinas y colectivos y su evaluación.

Varios son los desafíos que tienen que asumir los ingenieros y las ingenieras para el siglo XXI, y con ellos la enseñanza de la ingeniería, la pedagogía de las habilidades puede ayudar a los profesores a encarar ese reto.



## 1. INTRODUCCIÓN

La experiencia que ha ido acumulando la humanidad en el proceso de enseñanza aprendizaje, en las diferentes ramas de la ingeniería, permitió encontrar invariantes en el mismo, de tal manera que hoy pueden presentarse avances conceptuales, en determinada rama especializada del quehacer pedagógico, conocida como "enseñanza de la ingeniería".

Poco a poco, este saber pedagógico especializado ha ido trazando métodos, medios, vías, y hasta esquemas conceptuales que coadyuvan a lograr una mejor cientificidad en el proceso de formación del ingeniero y la ingeniera modernos.

No es posible olvidar que la tecnología y la ciencia avanzan hoy a pasos agigantados y en una insoslayable interacción dialéctica, por lo que las condiciones del proceso de formación, y enseñanza en la ingeniería, se transforman a cada minuto.

La información científico técnica crece y se dispersa de manera descomunal, las nuevas tecnologías de la información y de las comunicaciones dinamizan los procesos de enseñanza y del conocimiento mismo y se perfila el modo de actuación del ingeniero y la ingeniera modernos, como los máximos resolvedores de problemas, y aunque al decir de Krick (1) esta denominación es un tanto exagerada, pero si el objetivo mismo de la ingeniería, no es menos cierto que cuando se plantea hoy día su modo de actuación, las consideraciones resumen un modo peculiar: resolutor de problemas e identificador de procesos, desde una perspectiva humana, creativa, competitiva, global e integradora.

Para resolver problemas debe tenerse, fundamentalmente y entre otros aspectos, habilidades. Es por ello que en este trabajo se pretende abordar los desafíos que esta consideración impone al proceso de formación del ingeniero y la ingeniera del próximo siglo.

Existen diversas tendencias en cuanto a modelos educativos de enseñanza, dependiendo del elemento que se tome como eje central para fundamentar la educación en ingeniería, y por consiguiente: aprendizaje en el aula, currículo e interacciones con el medio social; los que centran su acción educativa en apertrechar a los estudiantes de la mayor cantidad posible de conocimientos y aquellos que se centran en las habilidades.

De acuerdo con esto, hay escuelas pedagógicas, que bajo la influencia de la filosofía pragmática, consideran que lo fundamental es el sistema de habilidades y otras, a partir de un enfoque racionalista, subvaloran la práctica y sólo hacen énfasis en los sistemas de conceptos. La ingeniería netamente especulativa dejaría de ser ingeniería, pero una ingeniería que no se reflexione a sí misma en su actuar, carecería de su verdadero potencial transformador y perdería su sentido.

Pero en realidad este problema tiene sus raíces en ¿qué deben saber los ingenieros y las ingenieras?

Para determinar si una persona sabe o no sabe, se necesita de un criterio relevante, precisamente es el criterio de las habilidades, o sea, de la actividad.

No se puede separar el saber del saber hacer, porque saber siempre es saber hacer algo. "El saber no puede materializarse si no es a través de las habilidades específicas relativas



al objeto" (2). Saber sobre medio ambiente, necesita especificar si hace referencia a poseer las habilidades que permitan, valorar el impacto ambiental de un proyecto, o caracterizar vertimientos, o desarrollar modelos matemáticos de simulación de dispersiones, o simplemente, identificar algunas normas que regulan cierto tipo de descargas.

Para llegar a algún acuerdo sobre qué es saber, hay que determinar los tipos de habilidades, gracias a los cuales funcionan y se expresan los conocimientos. En todas las ciencias hay un sistema de conceptos y saberlos significa que el estudiante sepa aplicar las habilidades relacionadas con dichos conceptos. Los conceptos no se enseñan para que el estudiante los memorice, sino para que sepa trabajar con ellos y explicar e incorporarse creativa y críticamente a la sociedad: cualquier concepto tiene un campo muy amplio de aplicación.

La enseñanza de la ingeniería no es ajena a estas cuestiones, por esto, pensando en el modelo de ingeniero e ingeniera para el siglo XXI, en conferencias y foros a diversos niveles, se comienza por analizar con una mirada prospectiva, las tendencias del desarrollo económico, social, político y cultural, para identificar los escenarios más posibles y deseables de su actuación futura, para poder, seguidamente, configurar dicho modelo y actuar sobre el presente, tratando de direccionar de forma oportuna y adecuada los cambios y transformaciones que se requieren en la educación en ingeniería.

La invariante que aparece en dicho modelo es, precisamente, la habilidad, por lo que consideramos que dicha categoría constituye un nuevo paradigma, que puede llegar a revolucionar el proceso de enseñanza, tanto endógena, como exógenamente.

Se identifican, en algunas de las principales ponencias de las últimas conferencias de educación en ingeniería y en los documentos de modernización y actualización del currículo de los programas de ingeniería, ACOFI - ICFES, como fundamentales al modo de actuación del futuro profesional, entre otras, las siguientes habilidades: las lógicas para el aprendizaje de las ciencias; las interpersonales generales, para la comunicación y el trabajo con diferentes grupos, para visualizar su trabajo desde un enfoque sistémico, para trabajar en diferentes disciplinas y áreas y hacer las conexiones que conduzcan a soluciones más creativas, para lograr que se hagan las cosas, para escuchar y escribir, para tomar decisiones y reconocer sus consecuencias económicas y sociales; de creatividad e innovación, de liderazgo, de cooperación, de autoaprendizaje continuo a lo largo de toda la vida, para utilizar nuevas y modernas técnicas y herramientas computacionales, (3) (4) (5).

Esto conlleva a plantear los objetivos de enseñanza – aprendizaje de un modo distinto. Como todo conocimiento se expresa por habilidades, es más correcto identificarlas claramente. Al mismo tiempo toda habilidad está vinculada a la solución de tareas concretas. En consecuencia, cuando utilizamos el lenguaje de las habilidades, para organizar la enseñanza, podemos garantizar su desarrollo y la asimilación de los conocimientos a los cuales hacen referencia.



## **1. ¿CÓMO LOGRAR EL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES QUE NECESITA EL FUTURO INGENIERO?**

La formación de las habilidades ha sido investigada por psicólogos y pedagogos de diferentes países. La concepción más avanzada tiene una sólida base en la teoría de la actividad, en la cual se concibe el proceso de asimilación y desarrollo de los conocimientos, por parte de los estudiantes, como un proceso esencialmente activo y problemático, en el que no está solo presente lo cognitivo, sino también lo afectivo, lo comunicativo y lo volitivo, entre otros, y éste se produce en la interacción social del grupo – clase.

Asumir esta concepción, requiere un proceso metodológico – investigativo y supone seleccionar y valorar en cada momento de la planificación y control del proceso de aprendizaje, el sistema de tareas, objetos de estudio y de conocimientos, que deben determinar el aprendizaje efectivo y educativo de las habilidades profesionales deseadas y de las propias del desarrollo armónico e integral de los estudiantes, como también de los hábitos y actitudes intrínsecos al proceso; pero no por ello descuidados.

Este proceso de planificación y control y sus correspondientes documentos, debe realizarse al nivel horizontal (colectivos de año o de semestre), al nivel transversal (colectivos de programa académico), al nivel de área (colectivos de disciplina), al nivel de asignatura o su equivalente y al nivel de cada evento pedagógico. Cuando esto no se realiza, es muy posible, que al final del proceso docente – educativo, los propósitos del encargo social, que se habían plasmado en el modelo de profesional deseado, no se correspondan con los logros.

Si las tareas y objetos de estudio, son realmente los representativos de cada nivel, deben corresponderse con habilidades, conocimientos, hábitos y actitudes esenciales, lo que debe permitir la eliminación de redundancias y repeticiones, la sobrecarga de información pasiva, que no contribuya – más bien impida, la formación adecuada de los futuros ingenieros.

El dominio del contenido y, en especial, de las invariantes tanto de habilidades como de conocimiento se logra en la práctica, en el desarrollo de la lógica o método general del proceso docente-educativo, según Carlos Alvarez (6).

La lógica de las etapas o eslabones del método que se argumentan, se fundamenta en el proceso de asimilación. El profesor Galperin, plantea como proceso de asimilación de las acciones, el paso de la acción materializada, en la que el estudiante va desarrollando la habilidad paso a paso, fijándose en detalle en cada momento de la misma y en cada rasgo de los conocimientos en que se apoya; al paso de expresar el desarrollo de la acción por medio del lenguaje y sin apoyo material (en la educación superior este estado hay que entenderlo también como lenguaje escrito, ya que es éste el que en muchas ocasiones se utiliza) y por último el estado de la acción mental donde todos los pasos de la habilidad adquieren la forma de lenguaje interno.

En este momento final se debe lograr la generalización máxima, la independencia mayor, dentro de las posibilidades que ofrecen los contenidos con que se trabaja.

El nivel superior de dominio se logra cuando el estudiante es capaz de resolver el problema, aún cuando no disponga de todos los conocimientos para resolverlo, es decir, que puede crear. La creación se produce con la ayuda del método de la investigación científica, a través del cual debe lograrse en los estudiantes un cambio operacional, conceptual y metodológico.



"El proceso docente parte de la acción material, no generalizada, detallada, compartida y consciente, a la acción mental, generalizada, independiente y automatizada, una vía que mueve cualquier actividad nueva" (7).

Veamos dos ejemplos con los cuales se pretende, de manera muy general, motivar la reflexión sobre: la importancia de una buena guía de cátedra, una apropiada base orientadora de la acción, la adecuada selección de objetos teóricos y empíricos de aprendizaje, de la orientación del proceso docente – educativo y de su evaluación.

En la materia transferencia de calor, dictada por dos profesores diferentes, a dos cursos de estudiantes de un mismo programa y con los elementos de guía de cátedra que se presentan a continuación, se observó lo siguiente:

Tema: Transferencia de calor por conducción, estacionaria, unidireccional.

Objetivos de la clase: Asimilar los conceptos y principios de la transferencia de calor por conducción estacionaria, unidireccional, en sólidos y fluidos y aplicarlos a la solución de problemas.

El primer profesor entrega una base orientadora de la acción donde asigna lecturas previas; prepara transparencias con los contenidos a tratar y en sus clases: define y explica los conocimientos objeto de estudio, resuelve un buen número de problemas tipo, resuelve los interrogantes que plantean sus alumnos y asigna problemas del libro como tarea. Al realizar la evaluación, selecciona como problema a resolver por los estudiantes: diseñar una experiencia para determinar la conductividad térmica del agua; pierde la evaluación un alto porcentaje de sus alumnos. El profesor está desmotivado y sus alumnos también.

El segundo profesor elabora una base orientadora de la acción donde motiva la importancia del tema, presentando aplicaciones prácticas de ingeniería e ilustrando con ejemplos que aportan al ahorro de energía y de salud ocupacional y donde da las orientaciones para que los estudiantes:

- Describan las características físicas y las observaciones de los procesos de transferencia de calor, a través de las paredes del horno y de la nevera de sus casas, y en el calentamiento del agua en un recipiente a muy bajos y a moderados gradientes de temperatura.
- Analicen los epígrafes y núcleos principales del contenido del tema, en la bibliografía orientada y elaboren resúmenes de los contenidos orientados.
- Expliquen las diferencias entre la transferencia de calor por conducción en sólidos y fluidos.
- Analicen e interpreten las descripciones previas y señalen algunos aportes relacionados con el ahorro de energía y con la prevención de riesgos.
- Traten de identificar los conocimientos y habilidades precedentes que sirven de base al contenido del tema.
- Analicen los problemas tipos e identifiquen los elementos generales del procedimiento de solución.

En las clases correspondientes, selecciona estudiantes para que expongan los resultados de su preparación; hace puestas en común y orienta el análisis para que los alumnos



dominen los conceptos y las características necesarias y suficientes para que se de la transferencia de calor por conducción estable, unidireccional, en los estados sólido y fluido, y se resuelven nuevos problemas orientados a: identificar y a buscar los datos en situaciones reales, a deducir conclusiones de resultados obtenidos y a plantear alternativas para obtener determinados resultados, en el marco de ahorro de energía y salud ocupacional. El profesor realiza la misma evaluación y aprueba la mayoría de su clase.

De las situaciones planteadas se observa que la guía de cátedra no detalla las habilidades a desarrollar, las señaladas son de carácter muy general, no identifica objetivos formativos, ni pautas metodológicas y de evaluación. De igual manera, en el primer caso la actividad se centra en el profesor y se observa que este docente no tuvo en cuenta la organización del proceso de asimilación, lo cual a pesar de sus esfuerzos no conlleva los resultados esperados, tampoco tuvo en cuenta el aspecto educativo, que le permitía aportar a la formación en valores.

El segundo profesor siguió una organización del proceso, coherente con el desarrollo de las habilidades que requería la evaluación que realizaron, buscó en los temas y en los ejemplos elementos para motivar y aportar a la formación de determinados valores deseables. No obstante, es necesario tener en cuenta que para que se diera el desarrollo de las habilidades buscadas, previamente otros profesores debieron preocuparse, en cursos anteriores, por desarrollar de manera sistemática y consciente, habilidades propias del pensamiento lógico, algunas de las cuales reforzó el profesor, pero sin las que los logros no hubiesen sido los mismos.

Finalmente, se requiere tener presente tres criterios básicos en la definición y delimitación de las habilidades, para garantizar la calidad del proceso de aprendizaje:

- Deben seleccionarse aquellas habilidades que permitan revelar o poner de manifiesto la esencia de los conocimientos que se aprenden, la simple reproducción es una tarea o un objetivo no adecuado a las necesidades.
- Que el proceso de formación de estas habilidades se apoye en las leyes de la asimilación.
- Adecuación de las habilidades a los objetivos.

#### Referencias:

- (1) KRICK, E.V. Fundamentos de ingeniería. Ed. Limusa. México. p 75. 1991.
- (2) TALIZINA, Nina. Los fundamentos de la enseñanza en la educación superior. Universidad de la Habana, La Habana – Cuba, p. 60 – 61. 1985.
- (3) MORRIS, P. LONG. L. y SPARROW. V. Experiencias en el uso de las nuevas tecnologías en la Educación en Ingeniería. En : Conferencia internacional sobre educación en ingeniería – Brazil. 1998. ACOFI. Santa Fe de Bogotá. 1999. p 146
- (4) BLEEDORN, Berenice. Imaginería: educación y proceso creativo. Conferencia mundial sobre educación en ingeniería – USA 1995. En : ACOFI, Santafé de Bogotá. 1996.p 91-92.
- (5) ACOFI – ICFES. Documentos finales de Actualización y modernización del currículo en : ingenierías industrial, mecánica, química, civil, eléctrica - electrónica y sistemas. Opciones Gráficas. Santafé de Bogotá. 1996.
- (6) ALVAREZ, C. La escuela en la vida, Educación y Desarrollo, La Habana, 1992. p. 127.
- (7) LABARRERE, G. y VALDIVIA, G. Pedagogía. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1991. p 125.



# **LA FORMACIÓN DEL INGENIERO HUMANO, COMPETENTE Y COMPETITIVO DEL SIGLO XXI**

**Edgar Lora Figueroa, Universidad del Atlántico**  
**Graciela Forero de López, Universidad del Atlántico**  
**Juan Castellanos Alvarez, Universidad de Cienfuegos**

## **RESUMEN**

Los profesores de las facultades de Ingeniería tenemos el reto de innovar hacia estrategias pedagógicas que busquen la formación de ingenieros que aporten al desarrollo social de nuestra nación. Pero, ¿Qué tipo de ingeniero humano, competente y competitivo debe formarse?. ¿Cómo formar, desde el currículo, ese tipo de ingeniero?. ¿Qué orientación teórica debe iluminar esa formación?.

Un ingeniero humano, competente y competitivo es aquel que ha articulado creativamente una cultura tecnológica, una cultura económica y una cultura de desarrollo humano, que se traduce en unas habilidades que le permiten tomar decisiones para resolver los problemas que permanentemente se le presentan en su desempeño profesional y social.

Se recomienda que la formación de este tipo de ingeniero se planee y ejecute desde las distintas asignaturas del plan de estudio, en las cuales se definan objetivos educativos orientados a estimular procesos de desarrollo de la naturaleza humana de los estudiantes.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el marco de los sistemas sociales, existen unos subsistemas sobre los cuales los ingenieros actúan en su desempeño profesional cotidiano, razón por la cual se les puede llamar sistemas de ingeniería. En relación con lo anterior, cada institución educadora de ingenieros define el modelo de profesional que quiere formar, tomando como referencia los sistemas de ingeniería locales e internacionales. Por lo tanto, un ingeniero es competente en la medida que actúe exitosamente en la solución de los problemas propios de los sistemas de la rama de la ingeniería en que se ha formado.

El ingeniero humano, competente y competitivo posee un modo de actuación que integra las culturas tecnológica, económica y de desarrollo humano.



La cultura tecnológica está relacionada con el acervo de herramientas, duras o blandas, características de la respectiva rama de la ingeniería, que le permiten actuar sobre los sistemas de ingeniería para describirlos, explicarlos, interpretarlos, valorarlos y transformarlos.

La cultura económica orienta hacia la necesidad de toda empresa de generar excedentes para poder desarrollarse, independientemente de su naturaleza privada, estatal, solidaria o mixta; ésto implica el manejo eficiente y eficaz de los recursos de la empresa para obtener los mejores resultados.

Hasta el momento, se ha privilegiado la cultura tecnológica, lo cual se puede corroborar con una mirada a los planes de estudio, prestando una deficiente atención a lo económico y mucho menos a lo humano. Sin embargo, especialmente en la última década, ha sido reiterativa la propuesta sobre la necesidad de fortalecer los currículos de ingeniería con el área socio – humanística<sup>(1)(2)(3)(4)</sup>. Pero, ¿qué conocimientos y habilidades requiere el ingeniero para su desempeño en todos los aspectos de su vida?. Para avanzar hacia una respuesta, se centrará la atención en una visión de cultura de desarrollo humano.

Desde esa perspectiva, el desarrollo humano se entiende como la manera en que el ingeniero se articula a la naturaleza, a la sociedad y consigo mismo. En consecuencia, la cultura de desarrollo humano se centra en esas articulaciones, buscando estimular permanentemente y de manera consciente, los distintos procesos de desarrollo de la naturaleza humana. Estos procesos se clasifican en cognitivos, emotivos, de sentimientos superiores, comunicativos, socializantes, practico-sociales y físicos.<sup>(5)</sup>

Desde esta perspectiva, un ingeniero humano, más que conocer, por ejemplo, la historia del arte o diferentes aspectos de las humanidades, necesita estimular permanentemente los procesos de desarrollo de su naturaleza humana, mediante todas las actividades que a diario realiza y el para qué de los mismos.

El tipo de ingeniero a formar, de acuerdo a los procesos de la naturaleza humana, para ayudar a superar los conflictos de nuestra sociedad es aquel que podríamos identificar como:

Capaz de ejercitar conscientemente sus procesos cognitivos, mediante la reconstrucción teórica de los objetos de estudio, en el marco de los sistemas de ingeniería. En otras palabras, por intermedio de la descripción, interpretación, explicación, valoración e innovación de esos objetos de estudio.<sup>(6)</sup>

Con relación a los procesos emotivos, abierto a expresar emociones tanto positivas como negativas y poseer una alta autoestima. En cuanto a sentimientos superiores, sus valores ético-morales deben privilegiar los intereses colectivos ante los individuales; alto sentido de apreciación hacia lo bello, amor por el estudio y por el autoaprendizaje en una búsqueda permanente de su evolución espiritual desde cualquier visión teórica de la misma.

Por otra parte, debe ser un ingeniero con excelentes habilidades comunicativas, donde la cultura del lenguaje escrito supere a la tradición oral, tenga un adecuado manejo del lenguaje gestual, dominio de otros idiomas y, sobre todo, desarrolle una gran capacidad de escucha.



Además, debe poseer habilidades para el trabajo en equipo, para combinar el trabajo manual con el intelectual y el trabajo de dirección con el de ejecución, para cultivar el sentido de pertenencia a un colectivo e incentivar su autocompromiso en actividades concretas para superar los conflictos a nivel de empresa o de sociedad. Flexible y dispuesto al cambio.

Por último, debe ser un ingeniero preocupado por su dimensión física en lo relativo a su nutrición, salud y procesos lúdicos. En necesario que tenga mentalidad abierta frente a la diversidad de corrientes alternativas en alimentación y medicina.

Avanzar hacia la formación de un ingeniero humano, competente y competitivo, como se puede inferir, es una tarea bastante compleja y de múltiples caminos. En esta ponencia se presenta una experiencia concreta orientada principalmente hacia la cultura de desarrollo humano, en el programa de Ingeniería Química de la Universidad del Atlántico.

## **2. DESARROLLO**

En el primer período académico de 1998 se comenzó a desarrollar la asignatura "Ingeniería Química y Desarrollo Humano" dirigida a estudiantes de noveno semestre con el objetivo de incrementar los niveles de autonomía de los estudiantes y su motivación para cultivar el desarrollo consciente de los procesos de su naturaleza humana, de manera armónica e integral.

Sus propósitos: trabajar participativamente, estudiantes y profesores, en un ambiente libre y propiciar las ideas nuevas en búsqueda de:

Mejorar las habilidades para reconocer el nivel de desarrollo de los procesos de su naturaleza humana.

Incrementar sus procesos cognitivos mediante la producción de conocimiento retrospectivo y prospectivo de sus actividades cotidianas, relacionadas con los procesos educativos, para que puedan realizar otras cualitativamente superiores.

Participar activamente en eventos pedagógicos que les permitan comprender, que para incrementar conscientemente los niveles de desarrollo humano, requieren internalizar sus actividades cotidianas humanas y sociales, en forma racional, es decir: describiéndolas, interpretándolas, explicándolas, valorándolas, elaborando propuestas de innovaciones parciales o totales.

Se ha adoptado como objeto de estudio las actividades cotidianas del estudiante, fuera y dentro de la Universidad, tanto en el aula como fuera de ella, en relación con los procesos de su desarrollo humano.

Metodológicamente se apoya en la preparación de ensayos sobre el proceso de desarrollo humano a tratar, en la siguiente sesión, donde responda preguntas como:

- ❖ A partir de las actividades cotidianas dentro y fuera de la Universidad (dentro y fuera del salón de clases), ¿qué emociones (por ejemplo) experimenta?. Describalas.



- ❖ ¿Qué actividades realiza para un adecuado desarrollo de sus procesos emotivos?  
¿Cuáles son conscientes?.
- ❖ ¿La Universidad le brinda oportunidades para este desarrollo?.
- ❖ ¿Qué problemas, carencias o desarticulaciones encuentra en la Universidad para desarrollar sus procesos emotivos?
- ❖ ¿Qué problemas emotivos identifica en la comunidad universitaria?.
- ❖ ¿Qué propuestas de innovación para el adecuado desarrollo de los procesos emotivos presenta a consideración de la comunidad universitaria?.

Durante la sesión, se conforman grupos de 4 a 6 estudiantes con el objetivo de identificar y reflexionar sobre las coincidencias y las diferencias en las respuestas a cada una de las preguntas anteriores. Luego, un estudiante de cada grupo presenta la relatoría para el debate en plenaria.

Una vez analizados críticamente y desde sus aportes, cada uno de los siete procesos de desarrollo de la naturaleza humana, se inicia la preparación de un proyecto final donde cada grupo de tres estudiantes diseña la manera de avanzar en la solución de los problemas de desarrollo de la naturaleza humana, identificados dentro de la comunidad estudiantil del Programa, de la Facultad o de la Universidad.

Este trabajo independiente debe tomar y articular:

El proyecto de Nación – Región – Ciudad: a partir de la constitución y los planes de desarrollo para cada ente territorial.

El proyecto de Universidad – Facultad – Programa a partir del proyecto educativo institucional y las respectivas misiones y planes de desarrollo.

El tipo de desarrollo humano y de sociedad que tales proyectos históricos requieren, así como, el tipo de ingeniero para los mismos.

### **3. RESULTADOS**

Se está consolidando un banco de proyectos de desarrollo humano, desde la perspectiva de los estudiantes, quienes al identificar un problema comienzan a pensar en soluciones, trascendiendo la actitud de buscar culpables en otras personas.

Los siguientes son algunos de los proyectos elaborados: diseño de un programa para el fomento del deporte formativo y recreativo en la Universidad del Atlántico; instalación de un gimnasio de arte para el desarrollo humano integral de los estudiantes; adecuación e instalación de una sala de música que promueva el desarrollo integral de los estudiantes; implantación de una semana de arte; implantación de concursos de oratoria y redacción; creación y consolidación del grupo de estudiantes de ingeniería con proyección social;



diseño e implementación de un plan encaminado a la creación de una organización de estudiantes de ingeniería química; creación de un centro de información estudiantil; diseño de un programa que fomente el sentido de pertenencia de los estudiantes con la universidad.

La evaluación formativa realizada en el proceso de elaboración de los proyectos ha permitido develar algunos problemas en la formación de nuestros estudiantes, lo cual exige el reto de adoptar estrategias para superarlos.

Se ha encontrado un alto grado de dificultad, por parte de los estudiantes, para expresar apropiadamente sus ideas, especialmente, para articular y analizar los problemas propios de su entorno, acompañada, en algunos casos de una redacción deficiente. Otros expresan que es la primera vez que preparan un proyecto, por lo tanto, necesitan un mayor esfuerzo para familiarizarse con la metodología utilizada.

Lo más importante para ellos y que lo manifiestan en su actitud creativa, es el espacio que tienen para reflexionar y debatir temas que, en muchos casos, nunca habían tratado, pues se limitaban a estudiar para responder a la alta exigencia de las asignaturas de ciencias básicas y después las específicas de la carrera, dejando a un lado lo relacionado con sus procesos y acciones como seres humanos y las implicaciones de los mismos.

Reconocen avance en su tolerancia para comprender que los otros también tienen opiniones, tan respetables como las propias. Expresan que al finalizar la asignatura se conocen mejor como seres humanos al conocer más profundamente lo que los demás piensan sobre los distintos temas debatidos y sobre sí mismos.

Estos proyectos y la motivación que genera su elaboración, esta propiciando el inicio de la implementación de los mismos con la participación y liderazgo de los estudiantes.

#### **4. CONCLUSIONES**

El ingeniero humano, competente y competitivo requiere habilidades para estimular conscientemente y en forma simultánea, sus procesos de desarrollo de la naturaleza humana, para que tenga sentido el uso de las mismas, en el marco de su cultura tecnológica y por ende, sea más competitivo.

La orientación teórica, aquí esbozada, permite definir exhaustivamente, las características del ingeniero a formar, en cada una de las dimensiones o procesos de desarrollo de la naturaleza humana sin perder la perspectiva integradora.

A pesar que se ha presentado una experiencia para la formación de la cultura de desarrollo humano desde una materia de noveno semestre, este objetivo educativo se puede plantear en las distintas asignaturas del plan de estudio desde los primeros semestres de la carrera.



## CITAS

1. ACOFI. Actualización y modernización del currículo en Ingeniería Química. Santafé de Bogotá, Opciones Gráficas, 1996. p. 51.
2. GARCÍA DEL PORTAL, Jesús. Sobre la enseñanza de la ingeniería. El Informe Technion. En : Revista cubana de educación superior. Vol. 10, No. 1 (1990)
3. MONCAYO, Javier. Desarrollo humano, endogenación y sinergia; fundamentos para la formación del ingeniero colombiano. En : Reunión nacional de Facultades de Ingeniería – como hacerla. (16° : 1996 : Santafé de Bogotá)
4. DELGADO VICENTE. Reingeniería humanista del ingeniero. En : Reunión nacional de Facultades de Ingeniería – como hacerla. (16° : 1996 : Santafé de Bogotá)
2. ROMERO, Hernando. Concepción de desarrollo humano en la pedagogía constructivista de la transformación. Barranquilla, Uniatlántico, 1997. p. 37.
3. Ibid. p. 38.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACOFI. Actualización y modernización del currículo en Ingeniería Química. Santafé de Bogotá, Opciones Gráficas, 1996.
- DELGADO VICENTE. Reingeniería humanista del ingeniero. En : Reunión nacional de Facultades de Ingeniería – como hacerla. (16° : 1996 : Santafé de Bogotá)
- GARCÍA DEL PORTAL, Jesús. Sobre la enseñanza de la ingeniería. El Informe Technion. En : Revista cubana de educación superior. Vol. 10, No. 1 (1990)
- MONCAYO, Javier. Desarrollo humano, endogenación y sinergia; fundamentos para la formación del ingeniero colombiano. En : Reunión nacional de Facultades de Ingeniería – como hacerla. (16° : 1996 : Santafé de Bogotá)
- ROMERO, Hernando. Concepción de desarrollo humano en la pedagogía constructivista de la transformación. Barranquilla, Uniatlántico, 1997.



# **LA VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD DOCENTE DE LOS PROFESORES DE INGENIERÍA**

**Graciela Forero de López, Universidad del Atlántico**  
**Coralia Pérez Maya, Universidad de Cienfuegos**  
**Edgar Lora Figueroa, Universidad del Atlántico**

## **RESUMEN**

Cuando se evalúa y estimula la actividad académica de los profesores universitarios, el objeto de evaluación debe ser, la totalidad de dicha actividad académica y su naturaleza integradora. No obstante, la experiencia demuestra que, cuando se trata de valorar dicha actividad, se ha concentrado la atención en la investigación y en las actividades científico – técnicas, vistas de forma independiente, desarticuladas de la labor docente y de la proyección social. La evaluación de la actividad docente - educativa, se realiza con fundamento en factores y variables propios de los modelos educativos tradicionales; Los ascensos en el escalafón obedecen a criterios fundamentalmente, de antigüedad y publicación; los regímenes salariales favorecen fundamentalmente la divulgación.

Sin desconocer la importancia de los factores mencionados, que hoy se privilegian en tales evaluaciones, no puede ignorarse el efecto nocivo y el desestímulo que, la inadecuada valoración de la actividad docente, causa en la función formadora de los ingenieros y de las ingenieras y en los cambios inaplazables que la educación en ingeniería necesita. La enseñanza universitaria y fundamentalmente la de pregrado, ha venido perdiendo estatus académico y durante décadas las innovaciones, en esta materia, obedecen más al interés personal de algunos profesores universitarios, que a una actividad continua, sistémica, generalizada y de colectivos.

Tal situación exige una mirada crítica a la valoración y evaluación de la actividad académica de los profesores universitarios, para que la misma adquiera su real dimensión y guíe la transformación del modelo educativo imperante, en búsqueda de la excelencia en los procesos formativos, desde la motivación misma de los docentes.

Esta ponencia presenta, por consiguiente, una propuesta de referentes para la evaluación de la actividad docente de los profesores universitarios, como punto central y aporte a la valoración de esta actividad.



## 1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza universitaria y fundamentalmente la de pregrado, ha venido perdiendo estatus académico durante las últimas décadas; buena parte de los profesores de las facultades de ingeniería, ejercen la docencia aplicando los métodos tradicionales y sin poseer el desarrollo de las habilidades y actitudes que le son inherentes a su profesión de educadores. La enseñanza de la ingeniería y su propósito: la educación e instrucción de los ingenieros y las ingenieras, que hoy se forman, y que ejercerán su profesión en las primeras décadas del siglo XXI, se realiza y se orienta de forma empírica y sin la calidad, coherencia y pertinencia propias de las exigencias del nuevo milenio.

En Colombia, un elevado porcentaje de los profesores universitarios ejerce la docencia por horas cátedra, a término definido, con una alta carga académica y bajos salarios, que los obliga a prestar sus servicios en varios centros educativos, lo cual agrava, en mayor medida, la situación anteriormente planteada, por la imposibilidad que tienen de dedicarle la atención necesaria al perfeccionamiento de su labor docente – educativa.

Tales diagnósticos, vienen siendo reiterativos en foros, seminarios, congresos y conferencias, tal como quedó manifiesto en las recientes conferencias, mundiales e internacional, sobre la educación en ingeniería, realizadas en el Reino Unido en 1991, en Estados Unidos en 1995 y en Brazil en 1998, como también en diferentes eventos nacionales y locales. Estos planteamientos, no desconocen los esfuerzos y logros de algunos profesores, pero en sentido general, reflejan una situación preocupante.

A pesar de las reflexiones y recomendaciones que se derivan de tales eventos y de los programas que las universidades desarrollan para formación docente y rediseño curricular, la conclusión generalizada es que en sus eventos pedagógicos y en general, en su accionar docente, la gran mayoría de profesores, inicialmente se motivan, pero regresan a sus viejas prácticas y en consecuencia, el modelo educativo imperante continúa siendo el tradicional y la calidad de la educación en ingeniería, desfasada de los requerimientos actuales y futuros.

¿Por qué no se dan los cambios esperados, y se repite, año tras año, en foros y seminarios del orden local, nacional e internacional, que la formación pedagógica recibida por los profesores de ingeniería, no logra sus frutos?

¿Bastará con un relevo generacional de los actuales docentes y con el aporte de la tecnología en los procesos de enseñanza, para transformar la educación en ingeniería?

¿Se han reflejado los estudios y recomendaciones para transformar la educación en ingeniería, en generación de políticas, estrategias, programas y acciones que motiven y orienten dichos cambios, desde las autoridades universitarias y gubernamentales?

¿Las evaluaciones docentes, que hoy se realizan en la mayoría de las universidades, y la valoración de las actividades académicas de los profesores, motivan y orientan los cambios en la educación en ingeniería?



Desde la valoración de la actividad docente - educativa, como fuente de potencial transformador de la educación en ingeniería, y a partir de una adecuada evaluación de dicha actividad, se pretende una reflexión que aporte a los interrogantes planteados.

## 2. REQUERIMIENTOS DEL CAMBIO

El profesor constituye el eje central de las transformaciones educativas. Por consiguiente, el cambio requerido lleva implícita la exigencia de transformación de la actividad de organización y dirección del proceso docente - educativo, por parte de los profesores. Esto implica, voluntad y actitud de cambio, innovación y aprendizaje permanente del docente, tanto en su campo disciplinar específico, como en pedagogía y didáctica de la disciplina y ante todo sentido del compromiso y de la responsabilidad social propios de su acción educativa.

Sin la voluntad de cambio del profesorado y sin las habilidades, conocimientos y actitudes para redireccionar y organizar de forma apropiada este proceso de transformación, no se lograrán en la magnitud requerida dichos propósitos. "El proceso de modernización de la educación superior comienza con la transformación de la docencia y de los profesores, lo cual implica reconocer no sólo un cambio de actitud sino un cambio de cosmovisión para innovar y ser creativos.....Tal transformación exige un gran compromiso ético-social" (1).

Tales planteamientos permiten ver con claridad porqué el saber pedagógico, aunque indispensable, no basta como elemento transformador; las nuevas tecnologías educativas, como medios de enseñanza, no son suficientes y el relevo generacional, propuesto como solución, tampoco aseguraría la transformación del modelo educativo tradicional, por cuanto la experiencia ha demostrado, que prima el que hacer aprendido desde la imitación de quienes consideraron sus mejores profesores.

Cambiar la práctica realizada por años de ejercicio docente, durante los cuales se incorporaron valores, hábitos, y modos de hacer, propios de un modelo transmisor, requiere una fuerte motivación para el cambio, un sentido de urgencia del mismo, el compromiso de la institución que asume cambiar y se compromete a apoyar y estimular las innovaciones pedagógicas, desde sus diferentes niveles y ámbitos; que incorpora en su misión el fomento por la excelencia en la docencia, pero no una excelencia a lo sobresaliente tradicional, sino al esfuerzo por mejorar o innovar la práctica pedagógica de manera creativa, apoyada en criterios científicos.

Al respecto, en las propuestas del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología, al plantear el proceso de mejoramiento educativo y del mejoramiento docente que éste implica, se definen tres ámbitos de problemas: el aula, el currículo y el de las políticas globales de desarrollo de la educación, y se señala que los cambios más profundos sólo se conseguirán en la medida que se logren integrar procesos de cambio que sean coherentes en los tres ámbitos: " en el ámbito 1, creando condiciones que ayuden a transformar su praxis didáctica y pedagógica; en el ámbito 2, modificando los modelos curriculares en los que se forman; en el ámbito 3, creando las condiciones para que la profesión docente tenga el estatus y las posibilidades de desarrollo intelectual y material que se merece" (2).



En los actuales momentos, las acciones que se realizan en cada uno de dichos ámbitos son esporádicas y desarticuladas. Una de las situaciones, a nuestro juicio, más crítica es la relacionada con la evaluación de la actividad de los docentes. Una institución educativa innovadora, se consolida como tal en la medida que logre articular la autorregulación permanente a su cultura institucional; La evaluación como base de la misma y como proceso continuo de interpretación crítica, le corresponde destacar y dar valor a las innovaciones. Si no existe coherencia en el qué, el porqué, el para qué y el cómo evaluar, no sólo pierde su sentido, si no que favorece el continuismo y desmotiva.

### **3. LA EVALUACIÓN DOCENTE – VALORACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DESFASADAS HISTÓRICAMENTE.**

De nada sirve hablar de la importancia de la generación, aprendizaje, dominio, y aplicación de determinados saberes y habilidades en el campo pedagógico y didáctico y de los valores y compromisos propios de la vocación educativa, cuando a la hora de la evaluación, la misma evalúa algo diferente.

Los instrumentos de evaluación docente, que se aplican hoy en día en la mayoría de las universidades colombianas, son muy similares a los que se aplicaban en los años 70, la fuente de información principal, en muchos casos la única, proviene de la evaluación de los estudiantes, quienes responden cuestionarios totalmente estructurados, de tipo cuantitativo, con indicadores tales como: conocimientos que el profesor demuestra tener de la asignatura, claridad de la exposición en las clases, asistencia del profesor, utilización de medios didácticos apropiados, secuencia ordenada de la clase.

La evaluación docente debe constituirse más en un proceso formativo, que incluya la autoevaluación, la coevaluación en colectivos docentes, en colectivos administrativos, que se inicie con las propuestas de las innovaciones a desarrollar y que se retroalimente con los logros esperados en la formación de los estudiantes, que incluya el análisis y sistematización del proceso de innovación y el planteamiento de nuevos interrogantes.

Tal situación exige revisar la evaluación de la actividad académica de los profesores universitarios, para que la misma apunte realmente a la transformación del modelo educativo imperante, en búsqueda de la excelencia en los procesos formativos, desde la motivación misma de los docentes, que sientan que sus esfuerzos son ciertamente valorados en su real magnitud.

### **4. EL DOCENTE REQUERIDO PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS E INGENIERAS DEL SIGLO XXI**

No hay más tiempo para los cambios que se requieren, ya estamos formando para el siglo XXI. Veamos las características fundamentales que se recomienda deben poseer los profesores universitarios y algunas alternativas de solución, desde trabajos colectivos realizados en los últimos años, tanto al nivel nacional, como internacional. Se transcriben algunas citas, como elementos de motivación y con el propósito de detectar conjuntamente invariantes en los planteamientos:



El marco de referencia para la presente propuesta, se centra en la presencia de dos elementos sin los cuales pierde sentido hablar del proceso de enseñanza: la actividad de dirección del profesor y la actividad de aprendizaje de los alumnos y la **unidad dialéctica** que los dos constituyen. (3)

La enseñanza de la ingeniería, desde esta perspectiva, deja de ser aséptica y neutral; el profesor deja de ser el dueño del saber, de la autoridad impositiva en el aula, y el conocedor de los valores que deben ser inculcados a los alumnos en asignaturas especiales por fuera de las ciencias y la tecnología. Por el contrario, su labor se orienta a propiciar ambientes humanos, donde el joven aprecia el respeto del profesor por sus ideas, su afecto, su capacidad integradora para orientar la reflexión sobre los problemas sociales y buscar con los jóvenes alternativas novedosas de solución desde la ingeniería.

“El papel futuro de los profesores no está bien definido. Quizás la futura forma de la educación en ingeniería los requerirá para realizar actividades como mentores y facilitadores dentro de un ambiente donde el criterio de la ingeniería y la síntesis del conocimiento son el centro del aprendizaje como parece debe ser... De todas maneras, el mayor cambio es hacia un **proceso de aprendizaje centrado en el estudiante**”.(4)

“Se deberían establecer directrices claras sobre los docentes de la educación superior, que deberían ocuparse sobre todo, hoy en día, de enseñar a sus alumnos a aprender y tomar iniciativas, y no a ser, únicamente, pozos de ciencia. Deberían tomarse medidas adecuadas en materia de investigación, así como de actualización y mejora de sus competencias pedagógicas mediante programas adecuados de formación de personal, que estimulen la innovación permanente en los planes de estudio y los métodos de enseñanza y aprendizaje, y que aseguren condiciones profesionales y financieras apropiadas a los docentes a fin de garantizar la **excelencia de la investigación y la enseñanza**.”(5)

“..No siempre se estiman en todo su valor las **ventajas educativas de las actividades vinculadas con la investigación**. Se las debería tener en cuenta al tomar decisiones sobre la financiación de las investigaciones científicas, en especial en el momento en que nos aproximamos a una etapa de desarrollo en la que se incrementa rápidamente el número de temas de interés común que la ciencia, la tecnología y la cultura deben investigar conjuntamente.” (6)

“Afirmar la calidad de la docencia sobre la base de una **formación integral del profesorado** que reconozca su competencia profesional y disciplinar y valorar social y económicamente su papel y aportes a la sociedad.”(7)

“El rendimiento integral de la educación superior.....a partir de: **..La satisfacción de los docentes** gracias al reconocimiento social de la imagen que proyectan por la calidad de sus servicios, al prestigio, respaldo y liderazgo que la sociedad les reconoce y al **aporte científico y metodológico que generan, desde su disciplina, para el mejoramiento de la acción pedagógica y el trabajo interdisciplinario de la educación superior.**”(8)

“La reestructuración de la educación en ingeniería para satisfacer las necesidades mundiales exigirá una gran transformación de **liderazgo – flexible, abierto, integrador y que confíe en la diversidad**. Será bastante diferente de la administración tradicional de arriba hacia abajo.” (9)



Es manifiesta la necesidad de cambio y el énfasis en un nuevo docente de ingeniería, capacitado y motivado para transformar los procesos docentes educativos; con habilidades para formar y participar creativamente en la transformación la sociedad, desde el aula y en la investigación que para tal fin realiza; identificado con su profesión de educador; que plantee los componentes educativos de su investigación en ingeniería y los valore.

## 5. MATRIZ DE REFERENTES PARA LA EVALUACIÓN DOCENTE

La evaluación docente debe fundamentarse por consiguiente, desde los elementos teóricos de una práctica educativa innovadora y con alto contenido social y humano, en unidad dialéctica con el aprendizaje de sus estudiantes. Sus referentes deben coincidir con los aspectos transformadores de su práctica docente - educativa, que implica características de naturaleza universal en su ser, saber, saber hacer y saber convivir y comprometerse, en interrelación con su práctica en los ámbitos científico, psicopedagógico y cultural y sus ámbitos de desempeño: el aula, el currículo, la sociedad.

La matriz propuesta es una invitación a aportar en la dinámica de su construcción.

## REFERENCIAS

- (1) ICFES. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Formación de docentes universitarios. Santa Fe de Bogotá. 1997. p 13.
- (2) FLOREZ, Rafael y ZAPATA, Vladimir. Propuesta para un programa nacional de estudios científicos de la Educación. En : COLCIENCIAS. Ciencia para el despliegue de la creatividad. Colciencias. 1993.
- (3) Labarrere, Guillermina y Valdivia, Gladys. Pedagogía. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 1991. p 24 .
- (4) Kulacki. F.A. y Krueger, E.R. Tendencias en la formación en ingeniería – una perspectiva internacional. En : Conferencia internacional sobre educación en ingeniería – Brazil. 1998. ACOFI. Santa Fe de Bogotá. 1999. p 98.
- (5) UNESCO. CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA EDUCACIÓN SUPERIOR.. Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción. UNESCO. 1998. París.
- (6) UNESCO. Documento de política para el cambio y el desarrollo en la educación superior. Resumen ejecutivo. En : Memorias del Encuentro Internacional “El plan de transformación de la educación superior para América Latina y el Caribe, un desafío para Colombia. ASCUN/IESAL/UNESCO. IESALC/UNESCO. 1998.p 13.
- (7) Memorias del Encuentro Internacional “El plan de transformación de la educación superior para América Latina y el Caribe, un desafío para Colombia. ASCUN/IESAL/UNESCO. Mesa No. 2. Santafé de Bogotá. 1998. p 114.
- (8) ICFES, Op. cit. p. 27
- (9) BLEEDORN, Berenice. Imaginería: educación y proceso creativo. Conferencia mundial sobre educación en ingeniería – USA 1995. En : ACOFI, Santafé de Bogotá. 1996. P.93.



|                                       | CIENTÍFICO                                                                                                                                                                             | PSICO-PEDAGÓGICO                                                                                                                                                                                                                                             | CULTURAL                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SER</b>                            | Interés en los logros de la ciencia y la tecnología, reflexivo y crítico de su práctica, actitud para el cambio, innovativo.....                                                       | Democrático, humanista, empático, comunicativo, orientador.....                                                                                                                                                                                              | Ético, responsable con su entorno, comprometido en el desarrollo y la formación integral de sus estudiantes.....                                                                                                                                  |
| <b>SABER</b>                          | Actualizado en los logros de la ciencia y la tecnología en su disciplina particular, domina la metodología de la investigación científica.....                                         | Conocedor de las teorías del conocimiento, de la pedagogía, de la psicología educativa, conocer las condiciones bio-psico-sociales de sus estudiantes.....                                                                                                   | Conocer los logros de la ingeniería en la región y el país, conocer los problemas de la industria nacional y regional....                                                                                                                         |
| <b>SABER HACER</b>                    | Elaborar innovaciones en el campo de su disciplina y en materia educativa y articularlas a su quehacer educativo, divulgar los resultados de sus investigaciones.....                  | Aplicar nuevas tecnologías educativas, orientar basado en la teoría del conocimiento la formación de habilidades necesarias para los ingenieros e ingenieras, fundamentar las innovaciones y las investigaciones educativas en las ciencias pedagógicas..... | Fomentar en sus estudiantes el pensamiento reflexivo, crítico, científico, artístico. Articular su práctica investigativa y docente a la solución de problemas de su entorno.....                                                                 |
| <b>SABER CONVIVIR Y COMPROMETERSE</b> | Realizar una práctica pedagógica que atienda la diversidad partiendo de diagnóstico científico, participar y compartir sus logros con pares, asociarse en comunidades científicas..... | Comprometerse en el aprendizaje de sus estudiantes, permitir y facilitar en sus estudiantes un trato entre iguales y aceptar y reconocer sus aportes.....                                                                                                    | Compartir sus logros en los diversos colectivos en beneficio de la comunidad, respetar la diversidad de opiniones, participar en grupos universitarios y de la comunidad, comprometerse con el desarrollo económico social de su país-región..... |



# MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS PROGRAMAS DE FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN INGENIERÍA – UNA APROXIMACIÓN -

Carlos Enrique Serrano Castaño  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Universidad del Cauca

## RESUMEN

Este trabajo define los aspectos esenciales de una aproximación que se propone como referencia para el establecimiento de procesos sistemáticos de mejoramiento de la calidad de los programas de formación en Ingeniería en nuestro país. Representa un esfuerzo por integrar diferentes procesos que se han venido desarrollando en el país, orientados a buscar caminos que permitan hacer de la ingeniería efectivamente un motor esencial para el desarrollo económico y sostenible de toda nuestra nación. Su elemento articulador lo constituye **una aproximación metodológica integral para construcción de soluciones en ingeniería** elaborada, ejercitada y en proceso de mejoramiento continuo por el Grupo de Trabajo en Ambientes Integrados de Desarrollo del Grupo de I+D en Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Tomemos como punto de partida la siguiente definición [1]:

“La Ingeniería es una **disciplina** basada en **sólidos principios** científicos cuyo propósito es **crear soluciones**. Dos aspectos esenciales de cualquier disciplina de ingeniería son:

- (1) Existencia de un cuerpo sustancial de conocimiento teórico y científico relevante;
- (2) Aplicación sistemática y regular de este conocimiento en el trabajo.”

En concordancia con esta definición, creemos que una tarea esencial para cualquier Programa Académico en Ingeniería debe ser configurar una aproximación de desarrollo integral y sistemática que tenga en cuenta todos los aspectos esenciales relacionados con la construcción de una solución y que haga posible que los tres principios fundamentales para el desarrollo de soluciones (calidad, reusabilidad y mantenibilidad) adquieran toda su dimensión, contribuyendo a crear una dinámica al interior de la comunidad académica del Programa que propenda por su fortalecimiento progresivo a través de cada uno de los proyectos que desarrolle. Se trata



fundamentalmente de **establecer un proceso sistemático de mejoramiento de los procesos de desarrollo de soluciones.**

**2.- CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIONES**

La aproximación propuesta [2] plantea la resolución del conflicto calidad&precio&oportunidad por medio del mejoramiento sistemático de todos los procesos de desarrollo. Ha tenido como uno de sus pilares el Modelo de Madurez/Capacidad del SEI [3] (Ver Tabla No.1) y creemos firmemente que esta aproximación constituye un camino que puede efectivamente conducir a un mejoramiento sistemático de la calidad de la formación ingenieril en nuestro país.

| Niveles         | Características                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Áreas de Proceso Clave                                                                                                                                                             |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1<br>Inicial    | <u>Proceso casi caótico, imprevisible y pobremente controlado.</u><br>No hay procedimientos formalizados, ni estimación de costos, ni planificación. No hay mecanismos para garantizar que se siguen los procedimientos, herramientas no integradas. Control de las modificaciones sin gestionar. Dirección asume mal los puntos críticos. | No se definen.                                                                                                                                                                     |
| 2<br>Repetible  | <u>Proceso disciplinado, capaz de repetir tareas antes dominadas.</u><br>Proceso dependiente de experiencias previas. Existen políticas de gestión y procedimientos para su implantación. Se tienen controles de gestión básicos. Procesos pueden diferir de proyecto a proyecto.                                                          | Gestión de Requerimientos. Planeación, Seguimiento y Control de proyecto. Gestión de subcontratos. Asegurar calidad, Gestión de configuración.                                     |
| 3<br>Definido   | <u>Proceso estándar y consistente.</u><br>Procesos para desarrollo y gestión documentados e integrados. Mejora de los procesos e institucionalización a cargo de un grupo. Basado en un entendimiento común de las actividades, roles y responsabilidades.                                                                                 | Énfasis en procesos de organización, programa de entrenamiento, integración de actividades de gestión y desarrollo, coordinación intergrupos, integración de actividades técnicas. |
| 4<br>Gestionado | <u>Proceso cuantificable y predecible.</u><br>Proceso, producto e instrumentos son medidos. Productividad y calidad son medidos. Existe base de datos para almacenar y analizar información cuantitativa de los procesos.                                                                                                                  | Gestión cuantitativa de los procesos. Gestión cualitativa del software.                                                                                                            |
| 5<br>Optimizado | <u>Proceso Mejorado Continuamente.</u><br>Énfasis organizacional en la optimización del proceso. Realización de análisis de costo-beneficio de nuevas tecnologías. Innovación en técnicas y procesos. Análisis de defectos y determinación de causas.                                                                                      | Prevención de defectos, gestión del cambio tecnológico, gestión del cambio de procesos.                                                                                            |

**Tabla No.1.- Modelo de Madurez del SEI (CMM)**

La aproximación propuesta tiene como usuario principal al equipo humano involucrado en el desarrollo de cualquier proyecto que tenga como propósito construir soluciones de calidad, oportunas y con costos competitivos. Pero sobretudo fundamentalmente para **cualquier equipo humano de un proyecto que tenga como propósito central además de construir una solución adecuada el contribuir al enriquecimiento de la base de conocimiento/experiencia de la organización de la cual hace parte.** En la Tabla No.2 se indican cuatro aspectos esenciales que una organización debe resolver adecuadamente para poder estar en capacidad de construir soluciones que satisfagan a cabalidad las expectativas de los usuarios/clientes, sean entregadas a tiempo y sean ofrecidas a costos competitivos. Para cada uno de estos cuatro aspectos vitales para la **competitividad de una organización** se indica la estrategia propuesta.

| ASPECTOS ESENCIALES                                                            | ESTRATEGIA PROPUESTA                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1.- Enriquecimiento de la Base de Conocimiento /Experiencia de la Organización | Gestión de Reusabilidad (Diseño con Reuso y Diseño para Reuso)              |
| 2.- Competitividad del Equipo Humano                                           | Definición de un Modelo Genérico de Referencia para Desarrollo de Proyectos |
| 3.- Conceptualización del Objeto de Investigación                              | Caracterización del Sistema Objetivo                                        |
| 4.- Configuración de un Ambiente Integrado de Desarrollo                       | Mejoramiento sistemático del Ambiente de Desarrollo                         |

**Tabla No.2.- Construcción de Soluciones**



Es vital para el éxito de cualquier proyecto la **conformación de un equipo adecuado de trabajo**. En la Tabla No.3 se presentan siete características fundamentales que debe poseer un grupo de personas para poder ser considerado un equipo de trabajo. Para cada una de estas características se indican los requisitos a satisfacer.

| CARACTERÍSTICAS                                      | PRE-REQUISITOS                                                                                   |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.- Propósito Común                                  | Visión compartida (Generalmente es una Visión positiva de futuro)                                |
| 2.- Compromiso real de cada integrante               | Responsabilidad y sentido de pertenencia en cada integrante                                      |
| 3.- Comunicación Abierta                             | Buenos Oyentes y Apertura en cada integrante                                                     |
| 4.- Esfuerzo de cada integrante por ser más creativo | Respeto por los demás y autoestima de cada integrante                                            |
| 5.- Existencia de medios comunes de entendimiento    | Homogeneización en técnicas de modelamiento comunes                                              |
| 6.- Apalancamiento de talentos                       | a.) Establecimiento de Responsabilidades<br>b.) Recurso humano motivado y debidamente organizado |
| 7.- Reuniones organizadas y altamente productivas    | a.) Agenda Inicial (Aprobación);<br>b.) Desarrollo de la Agenda;<br>c.) Evaluación de la Reunión |

Tabla No.3.- Trabajo en Equipo

El cumplimiento de los pre-requisitos señalados anteriormente es un camino para lograr que un grupo de personas forme **“un único pueblo”** tenga realmente **“un mismo idioma”** y en consecuencia pueda avanzar con paso firme hacia el logro de los objetivos establecidos. Cuando en el proceso de organización de un proyecto, logramos tener un grupo de personas con las características enunciadas, es entonces cuando podemos decir que hemos conformado nuestro **EQUIPO DE TRABAJO**, lo cual implica que tenemos prácticamente asegurado el éxito del proyecto.

### 3.- LA ESTRATEGIA PROPUESTA

Teniendo en cuenta el marco teórico esbozado en las secciones precedentes, a continuación se describe la estrategia propuesta para el mejoramiento de la calidad de los programas de formación profesional en Ingeniería. Esta estrategia se formula mediante el establecimiento de un marco de referencia y el planteamiento de una propuesta de organización del proceso de mejoramiento de la calidad de los programas.

#### 3.1.- Establecimiento de un Marco de Referencia

A continuación se presenta una síntesis de los lineamientos que la aproximación elaborada [4] establece con el fin de orientar el trabajo de rediseño del currículo de cualquier Programa de formación en Ingeniería.

3.1.1.- El currículo de un Programa de formación profesional en Ingeniería debe ser considerado como un proceso investigativo y el rediseño del currículo debe concebirse como un ejercicio participativo entre directivos, docentes, alumnos y comunidad en general, pues todos de alguna manera somos orientadores, ejecutores o usuarios del resultado de dicho currículo.

3.1.2.- El propósito esencial para el accionar de un Programa Académico en Ingeniería debe ser el siguiente: **“Hacer realidad una verdadera integración del programa académico con la sociedad**, una estrecha relación con la industria correspondiente y una total comprensión del territorio (entorno local, regional y nacional), con el fin de contribuir significativamente al



mejoramiento de la calidad de vida y a la búsqueda de la felicidad individual y colectiva.” Para alcanzar este propósito es necesario [5]:

- a.) Lograr que el Programa Académico sea sinónimo de **novedosas ideas y actitudes**, para lo cual es imprescindible recobrar la alegría de enseñar y la alegría de estudiar;
- b.) Involucrar en las labores de la comunidad del Programa Académico el entorno con sus gentes, su cultura, sus conflictos y su ética; esto es, tener como **objeto básico de estudio y análisis** a la sociedad;
- c.) Socializar las oportunidades educativas, lo que implica **ampliar cobertura** definiendo formas adecuadas de expresión y de acción.

3.1.3.- Estas son las características básicas del profesional que se espera obtener como resultado del rediseño curricular de un Programa Académico en Ingeniería [5] [6]:

- 1.- Capaz de mantenerse vigente, lo cual implica:
  - a.) Con espíritu científico, es decir, con actitud permanente para la búsqueda del saber;
  - b.) Con visión de futuro de la disciplina;
  - c.) Que sabe aprender a aprender y sabe aprender a emprender/hacer (con habilidades de aprendizaje continuado en el aprender y en el hacer).
- 2.- Con dominio del discurso oral y escrito.
- 3.- Educado para:
  - a.) La vida activa, la solidaridad y la multiplicación del saber;
  - b.) Reafirmar en la práctica profesional su espíritu renovador y demandante de igualdad social.
- 4.- Formado para el trabajo, la acción y los altos propósitos más que para el poder.
- 5.- Comprometido con la solución de los problemas de las comunidades.
- 6.- Con formación de balance, esto es que haya tenido aproximaciones estimulantes a los asuntos fundamentales de las ciencias sociales y humanas.
- 7.- Entrenado en sintetizar toda una serie de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos para la solución de problemas de la sociedad relacionados con la disciplina respectiva.
- 8.- Con habilidades de aprendizaje continuado en la creación, manejo y aplicación de modelos físico-matemáticos de la realidad.
- 9.- Creativo, con facilidades de comunicación y entrenado para trabajar en grupo.
- 10.- Con habilidad empresarial, administrativa y gerencial.

3.1.4.- Lo planteado anteriormente implica un proceso profundo de transformación de la docencia de un Programa Académico en Ingeniería. Dos aspectos vitales para el éxito de este proceso son los siguientes [5]:

- a.) Concebir el **aula de clase** como un lugar que trascienda el espacio físico y el tiempo;
- b.) Lograr un profundo **cambio de mentalidad** en profesores y estudiantes para que ellos mismos propongan el mejoramiento de la docencia.

La calidad del profesional resultante de un Programa Académico en Ingeniería depende fundamentalmente de sus profesores, éstos constituyen el **recurso humano más importante** sobre el cual se basa la formación del Ingeniero. Los docentes deben constituirse en **constructores de ambientes de aprendizaje** adecuados y **líderes del mejoramiento** de estos ambientes. El docente debe ser para el estudiante un guía, orientador y provocador hacia la



ciencia y el conocimiento. El profesor de un Programa Académico en Ingeniería debe estar dedicado fundamentalmente a la producción de material docente y a la integración del conocimiento al interior de su departamento, al interior de la Facultad respectiva y al interior de la universidad; soportado por una dedicación cada vez mayor a la investigación y una actividad cada más intensa de integración con la sociedad [6].

3.1.5.- La investigación - como eje fundamental de un Programa Académico en Ingeniería - debe ser considerada como el **instrumento imprescindible para construir un diálogo incesante con la sociedad** y hacer posible el logro del propósito esencial establecido para un Programa de *formación* profesional en Ingeniería. Sólo si la docencia y la extensión (proyección social o integración social) giran alrededor de la investigación será posible tener en el Programa una **investigación fuerte, permanente y colectiva**, y se podrá formar un profesional reflexivo, capaz de conservarse vigente, orientado vocacionalmente hacia el avance del conocimiento, comprometido con la solución de los problemas de las comunidades y con elementos teóricos y metodológicos que le permitan obtener una visión prospectiva útil para proponer acciones y soluciones en la realidad futura. Desde otra perspectiva, puede decirse que sólo a través de la investigación será posible lograr que los estudiantes accedan a **conocimiento vivo y fértil** [5].

3.1.6.- Con actividad intensa de extensión, un Programa Académico en Ingeniería podrá someter sus modelos teóricos al exigente examen de la práctica, participará en los procesos de transformación social que más le incumben, y hará **presencia en la sociedad de manera científica, sistematizada y comprometida de acuerdo con su misión y su poder** [5]. Por ser la Ingeniería uno de los principales motores del desarrollo del país y por su capacidad de dar mayor valor agregado a los productos y servicios debido a su estrecha relación con la ciencia y con los avances tecnológicos, es vital que un Programa Académico en Ingeniería incluya como un **objeto fundamental de análisis/estudio a la Industria Nacional** respectiva, con el fin de **contribuir eficazmente a su consolidación** y por lo tanto a un desarrollo económico y social sostenible del país.

### 3.2.- Mejoramiento Sistemático de la Calidad de un Programa Académico en Ingeniería

A continuación se presenta una síntesis de la propuesta de organización del proceso de mejoramiento de la calidad de los programas de formación profesional en Ingeniería.

3.2.1.- Creemos de suma importancia considerar la **utilización de un Modelo de Acreditación**. Su propósito es servir como herramienta para lograr la articulación del trabajo alrededor de la calidad del programa, permitiendo evaluar preliminarmente la calidad del programa y determinar sus principales debilidades [7].

3.2.2.- En una buena medida el éxito de todo el proceso de mejoramiento sistemático de la calidad de un programa reposa en la aplicación permanente de dos **principios de soporte** fundamentales que deben ser entendidos y tenidos en cuenta a lo largo de todo el proceso y que constituyen desde una perspectiva más amplia dos manifestaciones del **principio de abstracción, cuyo entendimiento y aplicación es fundamental en cualquier proyecto de ingeniería que pretenda desarrollar soluciones de calidad, oportunas y a costos competitivos** [2]. Estos principios son:

a.) "Lo fundamental está en identificar los **pocos objetivos esenciales** y diferenciarlos de los **muchos objetivos útiles**" (Principio de Pareto).



b.) "Con el fin de entender cualquier cosa, no debe tratar de entender todas las cosas" o "Con el fin de entender cualquier cosa, no debe tratar de entender cada cosa" (Ley de agrupación de Weinberg).

3.2.3.- La estrategia esencial planteada para **organizar el talento humano** es la **conformación de proyectos** que aborden - con base en el marco de referencia establecido - el mejoramiento sistemático de los factores internos esenciales del programa. A manera de referencia se establecen los siguientes proyectos para cualquier Programa de formación de profesionales en Ingeniería:

- 1.- Rediseño del Currículo del Programa
- 2.- Capacitación/Cualificación de los Profesores del Programa
- 3.- Actualización de los Egresados del Programa
- 4.- Mejoramiento del Sistema de Gestión/Administración del Programa
- 5.- Fortalecimiento de la actividad de I+D del Programa
- 6.- Establecimiento de canales de comunicación permanentes, eficaces y eficientes con el entorno
- 7.- Estructuración y puesta en funcionamiento del Sistema Integral de Información

3.2.4.- Como una referencia para **iniciar el proceso** de mejoramiento sistemático de la calidad de un Programa de formación de profesionales en Ingeniería se recomienda la siguiente **agenda**:

- 1.- Realización de un taller sobre "Modernización y Actualización del Currículo de un Programa Académico en Ingeniería"
- 2.- Realización de un taller sobre "Organización de Proyectos"
- 3.- Organización de los Proyectos
  - a.) Conformación del Equipo de Trabajo
  - b.) Definición del Plan de Trabajo
  - c.) Establecimiento del Plan de Entrega de Subproductos
- 4.- Presentación de los Proyectos

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]: Jon Collins - ¿Arte o Ciencia? Evolución de la ingeniería del software. Comunicaciones Eléctricas. Alcatel - 2o. trimestre de 1994.
- [2]: Carlos E. Serrano C. - Modelo de Referencia para Desarrollo de Proyectos. Versión 1.1. Universidad del Cauca - 1997 - Popayán.
- [3]: M. C. Paulk, B. Curtis, M. B. Chrissis, Ch. V. Weber - Capability Maturity Model, Version 1.1. IEEE Software - July 1993.
- [4]: Comisión de Acreditación. F.I.E.T. - Articulación de la Docencia, la Investigación y la Extensión. Marco de Referencia. Universidad del Cauca - 1998 - Popayán.
- [5]: Luis Pérez Gutiérrez - Nuevos Estilos de Universidad - 1993.
- [6]: ACOFI, ICFES - Documento final del Proyecto "Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Eléctrica - Electrónica" - 1996.
- [7]: Comisión de Acreditación. F.I.E.T. - Evaluación Preliminar de la Calidad del Programa en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca - 1998 - Popayán.



# RELACIÓN DEL PROYECTO INSTITUCIONAL CON EL MODELO DE ACREDITACIÓN DEL CNA

Ing. Claudia Da cunha - Ing. José Rafael Capacho  
Universidad del Norte - Barranquilla, Colombia

## Resumen

“La División de Ingenierías de la Universidad del Norte y sus Programas Académicos han desarrollado los proyectos de autoevaluación con fines de acreditación a nivel nacional con el CNA y a nivel internacional con ABET, los proyectos de autoevaluación se iniciaron con una reflexión sobre el Proyecto Educativo Institucional (PEI).

El PEI, conformado por las instancias; ideal (Visión y Misión), integradora (principios, políticas y propósitos), real (metas de formación y programación), y experiencial (acto educativo), se convirtió en una de las fortalezas para el éxito de los procesos de acreditación. Luego, el PEI, y los planes de desarrollo antes mencionados, derivaron los modelos y proyectos de acreditación institucionales, su consecuente aplicación y posterior evaluación.

El desarrollo de los modelos de acreditación institucionales nacional e internacional, permitieron a la comunidad educativa de los programas acreditados: Tener un conocimiento formal sobre la teoría educativa de soporte al desarrollo del PEI; Construir Modelos Institucionales de Acreditación propios, buscando una interacción sistémica entre los modelos de las entidades acreditadoras y los diseñados por la Universidad; Probar y aplicar los modelos institucionales y validar sus fortalezas y debilidades, Diseñar y construir los sistemas de información que al interactuar con los sistemas informáticos de la Universidad sirvieran de apoyo logístico a los modelos de acreditación; Reflexionar sobre el juicio de calidad de los programas de Ingeniería y el nivel de desarrollo alcanzado por éstos al conocer el juicio derivado de los pares de acreditación; Evaluar los modelos de acreditación y Estructurar proyectos de mejoramiento de la calidad educativa de los programas, lo cual constituyen aportes significativos derivados de la experiencia de acreditación en la Universidad del Norte”.

Los proyectos de autoevaluación con fines de acreditación a nivel nacional con el Consejo Nacional de Acreditación Colombiano - CNA o internacional con ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) de los programas de pregrado de la División de Ingenierías de la Universidad del Norte, centran su fundamento en el Proyecto Institucional (PI), el cual está materializado en los años 1.995 a 1.998 en las Estrategias Generales de Desarrollo: “La Universidad Hacia el Siglo XXI”, y en los años 1.999 a 2002 en el Plan de Desarrollo “La Universidad en la Sociedad del Conocimiento”.



La estructura conceptual educativa que soporta formalmente la construcción del Proyecto Institucional, y consecuentemente la construcción y el desarrollo del Proyecto de cada Programa (PP), está constituido por cuatro instancias que conforman los componentes del Proyecto Institucional y por cuatro momentos que soportan el proceso de gestión institucional para la construcción del Proyecto. El proceso de gestión que permite la construcción del Proyecto Institucional, siguiendo la óptica planificación-acción-observación-reflexión-planificación se realiza en cuatro momentos que son :

1. El Proceso de sensibilización y concientización cuyos propósitos son: cuestionar las concepciones de la comunidad educativa institucional y el papel de la Universidad del Norte y de sus Programas de Pregrado, sobre la base de la nueva responsabilidad de liderar la Educación Superior a nivel regional y nacional, pero con una proyección internacional; recrear permanentemente la visión teórica la Universidad y su gestión Universitaria donde se cuestione y analice la cultura de la comunidad educativa y de la Institución con el fin de explicitar compromisos individuales y colectivos de los actores de la comunidad.

2. El Proceso de análisis cultural e institucional, el cual tiene como propósitos : Caracterizar los componentes de la cultura Internacional, Nacional y Regional, para explorar, priorizar y seleccionar aquellos que la institución ha de traducir en procesos de formación, tal que aseguren el éxito de la Universidad y de sus egresados en una sociedad futura; problematizar la vida y el sentido de la Universidad en su contexto cultural, con el fin de identificar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas , de tal manera que se puedan perfilar los proyectos que aseguren el futuro deseado.

El análisis cultural e institucional, sin hacer una enumeración exhaustiva implica por lo tanto la problematización de conceptos tales como : La calidad en la Educación Superior, el Proyecto Institucional, la estructura organizacional de la Universidad, los recursos para el desarrollo educativo en la Universidad, la cobertura y eficiencia de la Institución y la representación modelística de la Universidad en sistemas de información estratégicos que soportados por variables cuantitativas y cualitativas aseguren el éxito de la Universidad en la toma de decisiones bajo condiciones de riesgo como las actuales.

3. El proceso de organización para la transformación, con el propósito de generar en la Institución una manera de recrear el tiempo y el espacio Universitario, con el fin de que los integrantes de la comunidad educativa Institucional se conviertan en los actores del proceso, definan sus metas, valoren sus indicadores de logro, programen las actividades con parámetros de efectividad (eficacia y eficiencia) en tiempo y costo, y en tal sentido, la vida de la Universidad y de las unidades programáticas sea de esta forma un espacio de formación intencional.

4. El proceso de Institucionalización, es el momento de la vida de la Universidad en el cual se instituyen los resultados del proceso de gestión, con el fin de lograr la elaboración teórica sobre los acuerdos para la acción que le dan sentido y le marcan el rumbo a la acción y se van haciendo norma o reglamento en la vida institucional. El proceso de Institucionalización, implica para la Universidad resultados que en un marco de democracia participativa, se



conviertan en normas tales como reglamentos de : profesores, estudiantes, proyectos de grado, prácticas industriales, investigación y desarrollo etc.

Las cuatro instancias que se constituyen en componentes del Proyecto Institucional (PI) son :

1. La instancia ideal, la cual está conformada por la visión de futuro y la misión por cumplir de la Universidad del Norte. La visión de futuro, está representada por el libro “Visión de la Universidad ante el siglo XXI” del Doctor Jesús Ferro Bayona, rector de la Universidad y la misión de la Universidad del Norte tiene como síntesis “la formación integral de la persona en el plano de la educación superior ..”, teniendo en cuenta estar “Presente en la vida de la comunidad mediante el ejercicio de sus funciones académicas (docencia, investigación, extensión y servicios al sector externo)”.

2. La instancia integradora, en la cual teniendo en cuenta la visión y misión Institucional y fundamentados en los lineamientos de política de: el Ministerio de Educación Nacional Colombiano, las asociaciones de Universidades Colombianas (ASCUN, ACOFI), las asociaciones profesionales nacionales (ACIS, ACM/IEEE) para la formación de profesionales en el área de pregrados en Ingeniería, se estructuran las políticas, principios, y propósitos propios de la Universidad y de los Programas, bases para lograr la formación de Ingenieros al servicio de la Sociedad del Conocimiento.

3. La instancia real, en la cual se construyen las metas de formación lo cual implica la interrelación entre las metas de formación de : la Universidad, la División, del Programa y de la asignatura específica, lo cual induce la simbiosis entre las metas de formación y las estructuras curriculares con el fin de cumplir las metas previamente establecidas.

4. Finalmente, la instancia experiencial, en la cual para lograr el desarrollo humano interrelacionan de una forma integrada los principios, políticas y propósitos con las metas de formación y éstas apoyadas por unos recursos o mediaciones tienen en cuenta unos objetos de la cultura (cultura en Ingeniería), la cual al ser guiada la interrelación antes mencionada por unos actores, requieren necesariamente de procesos de evaluación, dentro de los cuales se encuentra la autoevaluación la cual representada por un sistema de indicadores de gestión Universitaria, avala el cumplimiento de la misión institucional, tendiente a una visión del futuro por alcanzar.

Teniendo en cuenta los lineamientos para la acreditación del Consejo Nacional de Acreditación - CNA, la estructura conceptual del modelo de acreditación del CNA es una estructura de árbol jerárquico invertido en la cual en la raíz se encuentra el Proyecto de Acreditación y sus ramas en orden descendente de niveles son : Factores, características, variables e indicadores.

Hay una estrecha relación entre los momentos y las instancias del Proyecto Institucional, con la estructura conceptual del modelo de acreditación del CNA.

El factor Proyecto Institucional del CNA, en sus características tiene categorías en relación a la universidad tales como: misión, propósitos, metas y objetivos institucionales, formación integral, funciones sustantivas de la institución, criterios para el manejo de recursos físicos y financieros, y



gestión institucional en relación a las funciones antes mencionadas; por su parte el Proyecto Institucional de la Universidad del Norte, en sus instancias ideal e integradora tiene las categorías del factor Proyecto Institucional del CNA; por lo tanto, habiendo sido el Proyecto Institucional de la Norte creado en tiempo antes de los lineamientos del CNA, ya incorporaba todos los indicadores de gestión Universitaria considerados por el modelo del CNA.

Por su parte los factores Organización, Administración y Gestión, y Recursos Físicos y Financieros del CNA, en sus características incluye conceptos tales como : gestión institucional acorde con la misión para la realización de las funciones sustantivas de la institución, niveles de organización, mecanismos de comunicación y orientación y liderazgo en la gestión universitaria a todo nivel, conceptos que también son propios de las instancias ideal e integradora del Proyecto Institucional Uninorteño.

Finalmente, los factores: Estudiantes y Profesores, Procesos Académicos, Bienestar Institucional y Egresados e Impacto sobre el medio del CNA, corresponden a las instancias reales (metas de formación), y experiencial (desarrollo humano del Proyecto) Institucional.

Luego, una de las condiciones de éxito de un Proyecto de Autoevaluación con fines de acreditación, se fundamenta en que la Universidad haya construido y evaluado permanentemente su Proyecto Institucional.

### **Modelo de autoevaluación de la Universidad del Norte con fines de Acreditación Nacional basado en el Proyecto Institucional.**

El modelo de autoevaluación para la acreditación nacional en la Universidad del Norte, comprende tres grandes fases que son:

#### **Desarrollo de una Cultura de Autoevaluación.**

El Proyecto Institucional de la Universidad del Norte, ha impulsado la creación de una cultura de la autoevaluación permanente, de todos los proyectos que contribuyen al logro de las metas planteadas en los planes de desarrollo.

En este sentido, el mismo desarrollo del Proyecto Institucional y su evaluación, se constituye en una preparación para la acreditación. Implica por lo tanto, éste desarrollo, una cultura educativa que integra conceptos de las disciplinas de las ciencias sociales y exáctas que conducen a la planificación, desarrollo y evaluación de proyectos interdisciplinarios internos y externos a la institución, tendientes a contribuir con el cumplimiento de las funciones sustantivas de la Universidad.

Proyectos al interior del Proyecto Institucional tales como: La reconceptualización del crédito, la modernización curricular (fases I y II), el estudio de egresados, el estudio ocupacional del Ingeniero egresado de la Universidad del Norte, el proyecto de formación de docentes de los Departamentos, el proyecto de la Biblioteca de la Universidad del Norte, el mejoramiento continuo de recursos de laboratorio de toda índole (laboratorios de informática, laboratorio de



robótica y automatización, etc...), entre otros, son proyectos estructurales necesarios dentro de una Institución que aspire autónomamente a ser acreditada.

El cumplimiento de los proyectos mencionados, y de muchos otros desarrollados por la Universidad del Norte, en el marco de su Proyecto Institucional implicó la ejecución de altos presupuestos en tiempo y costo, con patrones de efectividad; ello implica, que no es posible improvisar en acreditación.

### **Proceso de Acreditación.**

El proceso de Acreditación, en la Universidad del Norte se inició con un estudio de modelos de acreditación y se consolidó con el Desarrollo del Modelo de Acreditación del Consejo Nacional de Acreditación - CNA.

El estudio de modelos de acreditación, dentro del marco del Proyecto Institucional cumple con la interrelación : de una cultura de la autoevaluación hacia una cultura de la acreditación. La apropiación conceptual sobre acreditación por parte de la comunidad educativa, desarrollada a través de seminarios, simposios, conferencias, análisis de casos, etc..., condujo a la Universidad al análisis de modelos internacionales (ABET y SECAI) y nacionales (CNA y SAAPI de ACOFI) con el fin de decidir la entidad acreditadora internacional o nacional, que como par externo avalaría el cumplimiento del Proyecto Institucional de la Universidad del Norte, y consecuentemente de su misión.

Siendo las entidades ABET a nivel internacional y el CNA a nivel nacional las seleccionadas, el proceso de desarrollo del Modelo de acreditación con el Consejo Nacional de Acreditación, se realizó teniendo en cuenta los siguientes componentes :

1. Se hizo necesaria la institucionalización de : Comité Central de Acreditación liderado por el rector de la Universidad, Comité de Acreditación de la División liderado por el Decano y el Comité de Acreditación del Programa a cargo del Director del Programa quien con el Comité de Currículo desarrolló el Proyecto de Acreditación, con la ayuda de la comunidad educativa institucional y del programa.
2. La identificación de las fuentes de información, se realizó acorde con el documento "Guía para la autoevaluación con fines de Acreditación de Programas de Pregrado", de la cual la Universidad construyó una "Matriz Guía", cuyo contenido permitió evaluar la estructura conceptual del modelo del CNA, a nivel de factores, características variables e indicadores. Las fuentes de información derivadas de la matriz anteriormente mencionada, se clasificaron en tres categorías: encuestas, talleres y grupos focales y documentos institucionales. Las categorías antes mencionadas, dieron como consecuencia la estructuración de un Sistema de Información para la Acreditación, el cual necesariamente tenía que interrelacionar con los sistemas de información académico-administrativos de la institución.
3. El proceso de análisis de la información, estuvo a cargo de cinco comisiones de trabajo nombradas al interior de cada Programa, e integradas por miembros representativos de la



comunidad educativa del Programa (estudiantes, profesores, administradores del Programa, egresados y empleadores). Las comisiones estructuradas así: Primera, Proyecto y Bienestar Institucional; segunda, Estudiantes y Profesores; tercera, Procesos Académicos; cuarta, Organización, Administración y Gestión, Recursos Físicos y Financieros; y quinta, Egresados e Impacto sobre el medio, emitieron su apreciación sobre el cumplimiento de los indicadores planteados por CNA. Con base en las conclusiones de las comisiones de trabajo, el director del programa integro, consolidó y estructuró el informe de autoevaluación

4. La evaluación interna, del informe de autoevaluación, se llevó cabo mediante el nombramiento de pares académicos internos, nombrados por la División de Ingenierías, quienes tenían como responsabilidad contrastar el informe teórico de autoevaluación con la realidad de la universidad y del programa, teniendo dos marcos de referencia : la estructura conceptual del modelo del CNA versus el Proyecto Institucional de la Universidad del Norte y consecuentemente, el Proyecto de la unidad académica autoevaluada.

5. La evaluación externa, tuvo como base el informe de autoevaluación con fines de acreditación de cada uno de los Programas, el cual fue enviado al CNA para su revisión. El Consejo Nacional de Acreditación - CNA, nombró por programa dos (2) pares académicos externos, quienes a través de la visita comprobaron la objetividad y veracidad de los informes de autoevaluación. La visita de los pares, se realizó mediante el diseño de una agenda conjunta entre los pares externos y las directivas de la Universidad y del Programa, visita soportada, por reuniones académicas y administrativas, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad universitaria. La visita concluyó, con el informe dado por los pares externos a las directivas de la Universidad, sobre el juicio de calidad del Programa evaluado.

6. Los pares de acreditación, generan un informe de evaluación externa en el cual se consignan : el análisis de las generalidades de la institución y del programa académico evaluado; el análisis de las características y juicios globales de factores; el análisis crítico de la autoevaluación realizada, el juicio de calidad del programa y finalmente las recomendaciones para el mejoramiento Institucional y del Programa. El informe de evaluación externa, es enviado por el CNA a la Institución, y la Institución genera una repuesta al informe de los evaluadores del CNA, con el fin de dar su concepto con respecto a lo planteado por los pares externos.

7. La recomendación final sobre la acreditación es enviada por el Consejo Nacional de Acreditación - CNA al Ministerio de Educación Nacional, para el acto de acreditación.

8. El acto de acreditación, es la resolución dada por el Ministerio de Educación Nacional, sobre el juicio de calidad del Programa y el cual incluye las conclusiones finales derivadas del informe de evaluación externa.

### **Proyectos de excelencia derivados del acto de Acreditación.**

El mejoramiento continuo en la búsqueda de la excelencia, presupone que con el acto de acreditación se avala la calidad del programa; pero, el juicio de calidad del programa y el horizonte de tiempo de carácter temporal dado por el CNA, implica que la acreditación es un sistema



continuo, dinámico, retroalimentado, paramétrico, que se adapta a los cambios de la sociedad y atemporal en la búsqueda de las condiciones casi perfectas en el cumplimiento de las funciones sustantivas de la Universidad; ello sólo se logra, mediante la integración de Proyectos de excelencia derivados del acto de Acreditación al Proyecto Institucional.

### **Conclusiones y prospectiva del proyecto de acreditación.**

La realización del Proyecto de Acreditación en la División de Ingenierías de la Universidad del Norte, a nivel nacional con el CNA y a nivel internacional con ABET, hizo posible para la comunidad institucional y de cada una de las unidades académicas o programas:

- La formación pedagógica de la comunidad educativa, por cuanto fue necesario el estudio y la apropiación de las teorías educativas bases para los procesos de acreditación, tendientes a consolidar el concepto de calidad educativa.
- El proceso continuo de mejoramiento de la calidad de los Programas, identificando al evaluar la estructura conceptual de : factores, características, variables e indicadores el nivel de autoevaluación alcanzado con el fin de seguir y buscar así, la excelencia en la calidad de los Programas.
- La confirmación dentro del marco de un análisis DOFA, las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas; avaladas por expertos nacionales e internacionales, con el fin de posicionar a la Universidad del Norte, como Institución de calidad al servicio de la Educación Superior, al consolidar las fortalezas y plantear estrategias para solucionar las debilidades confirmadas.
- La estructuración y planificación de proyectos de excelencia académica, derivados de las recomendaciones de los evaluadores externos; lo cual implica la validación sistema de acreditación, como sistema de valoración la calidad educativo dinámico, retroalimentado, y tendiente a un mejoramiento aún en condiciones de alta confiabilidad y estabilidad.
- La identificación de las tendencias futuras o prospectiva de la Universidad y de los Programas, las cuales para su realización, han de estar soportadas por proyectos formales al interior del Proyecto Institucional, con el fin de asegurar una entrada exitosa de la Universidad en la Sociedad del Conocimiento.



# EXPERIENCIA PILOTO DE AUTOCONSTRUCCIÓN DE UN DISTRITO DE RIEGO EN LA GRANJA ARMERO DE LA UNIVERSIDAD DEL TOLIMA

**AUTOR: Cristóbal Lugo López <sup>1</sup>**  
**Universidad del Tolima**

**RESUMEN:** La Universidad del Tolima, posee el Centro Universitario Regional del Norte del Tolima, ubicado en el municipio de Armero (Guayabal). Su Misión y Visión son la investigación apoyada desde la docencia principalmente en las áreas de: Agricultura, Pecuaria y Silvicultura. La administración actual se ha empeñado en dotar a éste Centro de la infraestructura dando énfasis en el suministro de agua para riego. Es así como ha ejecutado un proyecto piloto de autoconstrucción de un distrito de riego en la Granja Experimental de Armero de propiedad de la Universidad, con el objeto de proveer los recursos hídricos a todos los procesos investigativos y productivos agropecuarios que se requieren como soporte de la creación de tecnologías propias con base en una investigación que sirva como plataforma para un Desarrollo Humano Sustentable. El Distrito de Riego ha sido diseñado con un criterio académico para uso comercial, pensando en que sirva de laboratorio y sea prestado su servicio a todas las facultades de ingeniería a nivel nacional que requieran observar y evaluar construcciones hidráulicas como un embalse con capacidad de almacenamiento de 450 mil m<sup>3</sup> de agua, canales de sección trapezoidal, puentes canales, box culvert, desarenadores, partidore de caudales, dissipador de energía, aliviadero, muro de contención, alcantarillas, aliviaderos laterales, red freaticométrica, sistemas de riego por gravedad, sistema de riego por aspersión, sistemas de microriego, y demás obras pertinentes con un distrito de adecuación de tierras. Esta obra sirve de ejemplo piloto al sector oficial por haberse logrado a un costo equivalente a la tercera parte de los ítems manejados por el INAT.

## 1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA:

A la Universidad del Tolima le fue entregada la Granja de Armero en el año de 1967 por el Ministerio de Defensa. El área es de 750 Has, de las cuales 270 son planas.

---

1. Ingeniero Agrónomo, Especialista en Riego, Candidato a Msc. en Planificación y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas, Profesor de la Universidad del Tolima.



Desde el año de 1967 siempre ha sido una preocupación el poder contar con el recurso agua como bien de uso, manejado como categoría central para el progreso de la investigación que es el soporte técnico - científico para implementar cualquier paradigma de desarrollo de la región.

La historia de la Universidad del Tolima sufre una coyuntura con la avalancha de Armero en 1985; donde se produce la creación de RESURGIR, quien da apoyo económico para la implementación de un Proyecto de Riego en la Granja, el cual inicia con los estudios en 1986 y comienza su ejecución en los inicios de la década del 90 con un costo superior de 3.000.000.00 de dólares para beneficiar 150 has planas. La ejecución no se llevó a feliz término por problemas en la construcción de un túnel que hizo abortar el proyecto.

En 1992 en INAT gestiona un convenio con la Universidad del Tolima para montar una parcela demostrativa con riego, con el fin de hacer transferencia de tecnología por la deficiencia que había en su momento en el manejo de los minidistritos, el proyecto se realiza para 1 hectárea en microriego y 3 hectáreas en riego por gravedad utilizando como medio de conducción un sistema de bombeo a caudal por tubería. Los costos en su momento para éste proyecto fueron de \$160.000.000.00 y su ejecución se termino a finales de 1996.

## **2. OBJETIVOS**

### **General**

Generar ciencia y tecnología a partir de la construcción del Distrito de Riego de la Granja de Armero, como estrategia para la asistencia técnica y transferencia de tecnología a la población en las áreas agrícolas, pecuarias, forestales, biológicas y agroindustriales que sirva de soporte para el desarrollo social y económico de la región.

### **Específicos**

- Construir el Distrito de Riego de la Granja de Armero.
- Apoyar los programas de investigación para generar tecnología propia en las áreas agrícolas, pecuarias, forestales, biológicas y agroindustriales.
- Establecer cultivos comerciales de frutales, hortalizas y semestrales que sirvan de aplicabilidad demostrativa de las nuevas técnicas alcanzadas con la investigación.
- Innovar procesos industriales que permitan ofrecer productos terminados, generando valor agregado; que permita a la población no vender naturaleza sino tecnología.
- Implementar programas de educación no formales que permitan hacer transferencia de tecnología propia; con adultos, madres cabeza de familias, indígenas y personas de la tercera edad que permita mejorar su la calidad de vida.
- Establecer programas formales a nivel secundario, tecnológico, de pregrado y postgrados con especialidad en los diferentes campos de cada área (frutales, hortalizas, cultivos semestrales, procesos industriales agrícolas, procesos industriales pecuarios, programas pecuarios, piscicultura y silvicultura) transfiriendo tecnología local.
- Servir de laboratorio y prestar su servicio a todas las facultades de ingeniería a nivel nacional que requieran observar y evaluar construcciones hidráulicas.



### 3. JUSTIFICACIÓN

Dentro de un espacio temporal la Universidad del Tolima se ha visto limitada para la generación de investigación en las áreas agropecuarias y forestales, que permitiera la producción de materias primas indispensable para que la región entre en un proceso de industrialización con tecnología local.

La principal limitante ha sido la falta del recurso agua disponible para los procesos agropecuarios que permitan hacer investigación continuada, e independientemente de los periodos de lluvias, razón por la cual muchas investigaciones establecidas en campo se vieron severamente afectadas.

Para que exista un proceso de desarrollo, es indispensable que se tenga un soporte técnico - científico local que sirva de base para buscar un crecimiento económico y un mejoramiento en la calidad de vida de la población, por lo que las tecnologías traídas de otros medios están diseñadas para adaptarse a condiciones diferentes a las que tiene nuestra región.

La Institución responsable de generar este soporte técnico - científico es la Universidad del Tolima buscando que la región no venda naturaleza o materias primas por el contrario que se comercialicen productos terminados.

La Universidad del Tolima tiene la proyección de llenar un vacío dentro de un marco histórico, dejado por el ICA en el campo de la investigación agropecuaria como soporte de desarrollo para nuestra región haciendo transferencia de nuevas tecnologías.

### 4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Universidad del Tolima lleva a cabo la construcción del Distrito de Riego en el Centro Universitario Regional del Norte Granja de Armero, localizada en el municipio de Armero (Guayabal), Departamento del Tolima, para habilitar 270 hectáreas planas y 170 hectáreas en ladera con el objeto de ser explotadas en cultivos hortícolas, frutales, cereales, oleaginosas; programas pecuarios, porcícolas, ganaderos y avícolas; programas agroindustriales y silviculturales. La proyección de éstos programas son del orden investigativo, académico y comercial para generar transferencias de nuevas tecnologías en la región.

El proyecto capta el agua de la quebrada Santo Domingo en el sitio El Tambor, mediante una toma de rejilla sumergida con una presa de contención, el agua es conducida a través de una tubería de 18" fijada a la peña del cauce de la quebrada en un trayecto de 94 metros, hasta llegar a un desarenador diseñado para un caudal máximo de 880 lit/seg. A continuación viene ubicada una estructura de partidor de caudales que toma para el distrito el 80% del caudal y retorna a la quebrada el 20%. La continuación del distrito se hace en canal abierto revestido con una pendiente del 1x1.000 en una longitud de 5.300 metros. A lo largo del canal se encuentran obras como puentes canales, rellenos, box-culver, alcantarillas, aliviaderos laterales de control de caudales y una carretera paralela al canal de conducción para su construcción y mantenimiento. El canal está diseñado para manejar caudales de 150 litros por segundos en época de estiaje y 660 litros por segundo en período de invierno. El canal termina en un embalse.



El embalse tiene un espejo de agua de 9.2 hectáreas con una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 450.000 m<sup>3</sup>. Este embalse será utilizado con fines de riego, bebederos y para una explotación de piscícola.

El diseño de esta obra se hizo con base en un estudio de suelos, buscando su vocación agrícola para la proyección de las necesidades de riegos y su respectiva red de drenaje, evitando impactos ambientales como la salinización y desertización de los suelos por el mal uso del agua.

El sistema de drenaje cuenta con una red freaticométrica para controlar la carga hidráulica, que ejerce el embalse sobre los lotes. El diseño del sistema de drenaje evacua los excedentes de agua por escorrentía y controla la profundidad de los niveles freáticos.

El distrito cuenta con sistemas de riego por aspersión, microriego y por gravedad entre los cuales hay riego por surcos, melgas en contorno, piscinas y riego intermitente dependiendo del tipo de suelo, topografía y clase de cultivo.

## **5. MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN**

La modalidad con la que se efectúa este proyecto es mediante autoconstrucción, con el objeto de disminuir costos.

La proyección se ejecutó dentro de la asignatura de Riego a Presión del VIII semestre de Ingeniería Agronómica, con la colaboración de los estudiantes del semestre A-97. Su diseño y ejecución se realizó mediante el apoyo de la academia.

Para su ejecución se utilizó un buldozer Caterpillar D7-17A y la adquisición de una retroexcavadora Caterpillar 416B, responsables de hacer la mayor parte de movimiento de tierra necesaria para la construcción de éste proyecto. Esta actividad se reforzó con el alquiler de retroexcavadoras y vibrocompactadores alquilados por hora con costos comerciales, los cuales son inferiores a los valores manejados por el Ministerio de Transporte y demás entidades oficiales.

Las obras civiles se han efectuado mediante contrataciones directas con los maestros de obra, manejando valores comerciales de la zona que son inferiores a los de Ibagué y por consiguiente a los oficiales.

El material de arrastre utilizado para la construcción es extraído de la quebrada Santo Domingo con un costo único de transporte. La resistencia de éste material en laboratorio a los 28 días después de fundido es de 3.700 libras por pulgadas cuadradas para una relación de 1:2:3. Cemento, arena y grava.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

ACOCIA-CVC-UNC. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos Sódicos (1990:Cali) en Memorias del II Curso Taller. Cali:1990..1990.



- ALVAREZ, Fernando. "Modelo de Manejo de Cuencas en la CVC". En: Memorias Primer Congreso Internacional del Agua. Corporación del Agua, Medellín, 1993.
- CEPAL. Agua, Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina. Santiago de Chile, 1980.
- GUARNIZO ROJAS, Esperanza. Manejo Integral de Cultivos en Suelo bajo Riego. II Curso Avanzado: Calidad de Agua. INAT – JICA – CECIL. Bogotá, 1996.
- LABER K, Smedema and RYCROFT. Land Drainage for Agriculture. Britis Library Cataloguing in Publication Data. London.1988.
- LAMBE W. Mecánica de Suelos. Mimeografiado.
- MARIN, R., Rodrigo. Estadísticas sobre el recurso agua en Colombia. HIMAT, Santa fe de Bogotá, 1992.
- MATERON, Hernán. Obras Hidráulicas Rurales. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Sexta edición, 1996.
- ORTÍZ PEÑA, Luís Eduardo. Manejo Integral de Cultivos Bajo Riego. El Perfil del Suelo. INAT-JICA-CECIL. Bogotá 1995.
- RICO Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilo. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Mimeografiado.
- TATE, M., Donald. Recursos Hídricos. Principios del uso eficiente del agua. UNESCO, 1991.
- UNESCO. Agua, Vida y Desarrollo. Santiago de Chile, 1991.





UNIVERSIDAD DE LA HABANA

**CENTRO  
UNIVERSITARIO**

**PROYECTO DE RIEGO  
QUEBRADA SANTO DOMINGO  
EMBALSE**

ELABORO:  
CARLOS EDO. RODRIGUEZ  
SALA SIG UNITOLIMA

REVISO :

CRISTOBAL LUGO  
Ing. Agrónomo

Escala 1:27000

**CONVENCIONE**

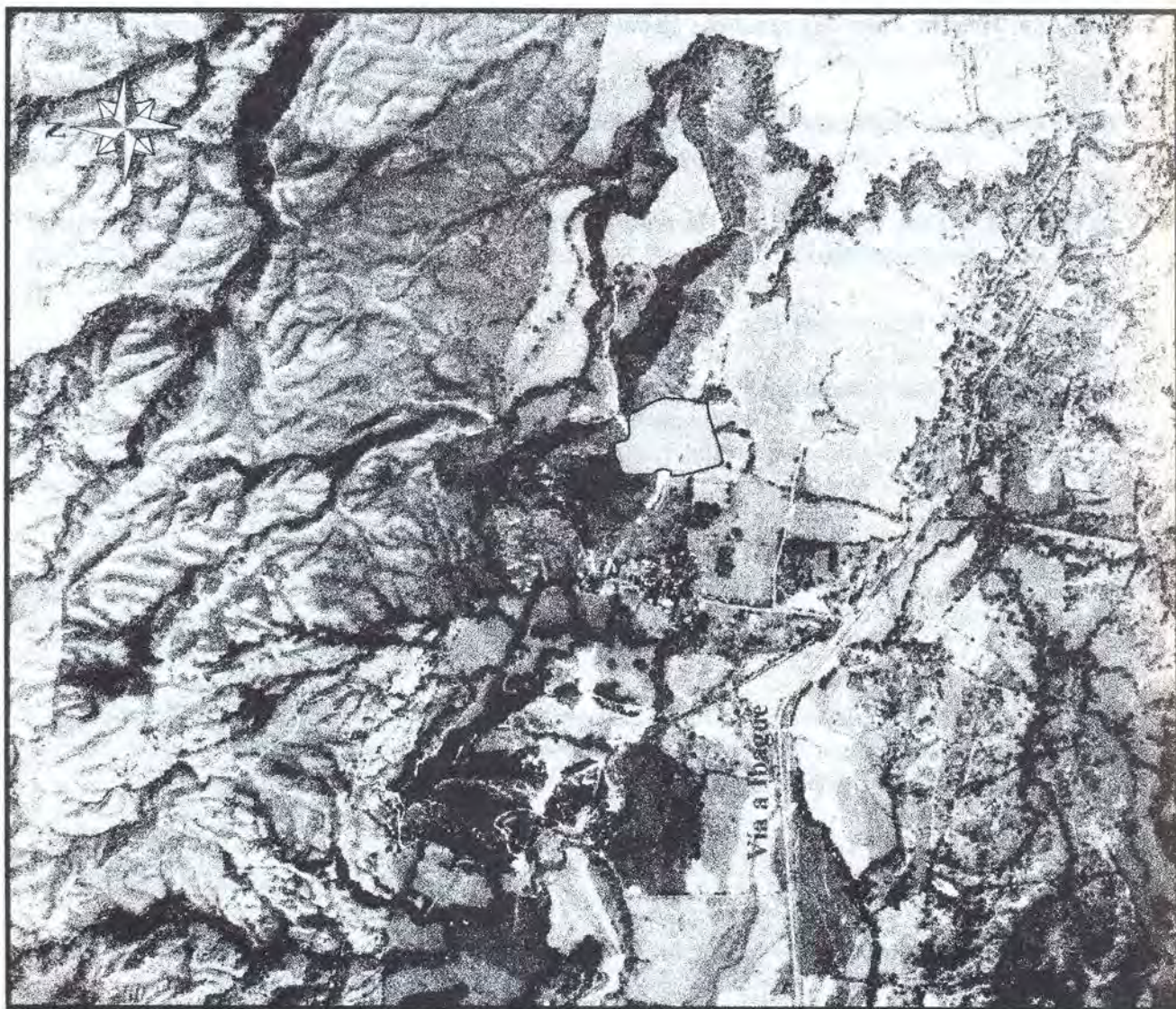
Linderos Granja

Canal de Conducción

Instalaciones

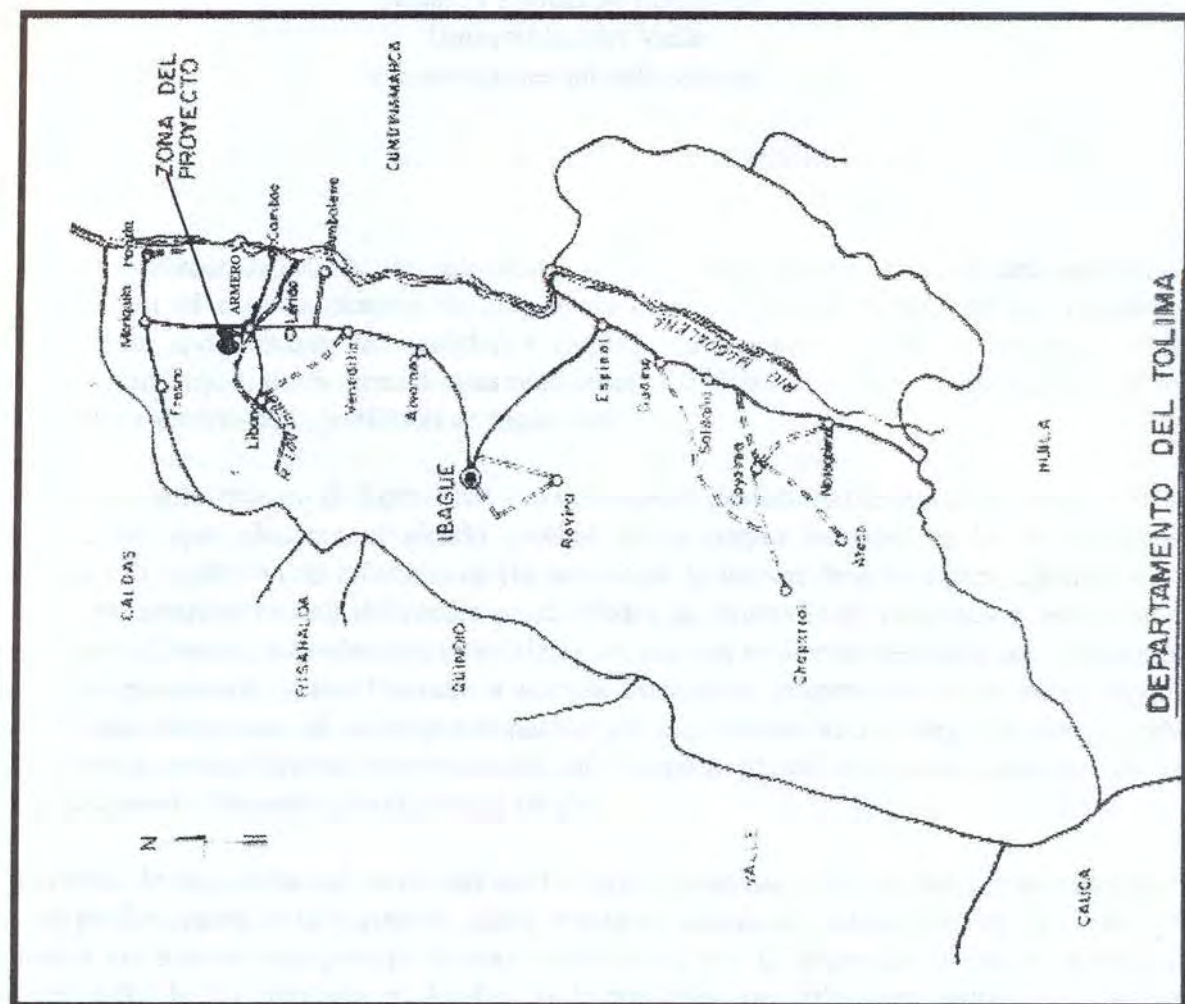
Vías Internas

Embalse





# LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO





# La Educación en Ingeniería en la Perspectiva de la Educación Permanente

Iván Enrique Ramos Calderón

Decano Facultad de Ingeniería

Universidad del Valle

ivramos@eiee.univalle.edu.co

## Resumen

Una de las consecuencias de la globalización es precisamente la internacionalización caracterizada por el establecimiento de estándares que son independientes de las realidades locales o mejor, que rebasan las realidades locales. La Ingeniería como profesión y como Programa de Formación, no es ajena a estas realidades. Asistimos a la internacionalización de los *curricula* y del ejercicio de la profesión de Ingeniero.

En la actualidad la formación de Ingenieros y el desempeño profesional deben estar a tono con las nuevas opciones que plantean el rápido cambio (cuyo mayor impacto es la obsolescencia tecnológica) y la explosión de información (la necesidad de nuevas destrezas para informarse), y para ello debe avanzar en las diferentes modalidades de aprendizaje dirigidas a poblaciones diferentes (actualización, capacitación y reciclaje), en nuevos esquemas pedagógicos (formación orientada por proyectos), y en el acceso a nuevas fuentes de información y de conocimiento (Internet), como parte esencial de su preocupación por una educación a lo largo de toda la vida, en la perspectiva de una Educación permanente, tal y como lo plantea la Unesco como uno de los grandes retos para la formación en el próximo siglo.

Las Facultades de Ingeniería *ad portas* del nuevo siglo y milenio, deben abordar la formación de los nuevos profesionales de la Ingeniería sobre la base de esquemas pedagógicos innovadores que respondan a los nuevos enfoques planteados entre otros, por la importancia que el mundo de finales del siglo le ha señalado al Medio Ambiente. No son solamente soluciones de tipo tecnológico, son soluciones íntegramente de tipo social.

Esta ponencia es una invitación a la discusión sobre la necesidad de focalizar la formación de los ingenieros en nuevos esquemas que le permitan unos sólidos conocimientos básicos (Ciencias naturales y Ciencias básicas de Ingeniería), el trabajar en equipo y el adquirir herramientas para la búsqueda y adquisición de conocimientos en la perspectiva del “*Aprender a Aprender*”, siendo este uno de los pilares fundamentales de la educación en los albores del nuevo milenio. El *Aprender a Aprender* como la actitud frente al conocimiento y la formación, actitud que no es otra cosa que la perspectiva de una Educación Permanente.



## Introducción

Son varios los escenarios que están siendo modificados por la estructura de producción imperante a nivel mundial y que debido a la tendencia globalizadora, ningún país está ajeno a estos nuevos escenarios. Hay cambios sustanciales a nivel del conocimiento tecnológico y de la cercanía de éste con lo científico. Esta frontera es cada vez más difusa. Se observan velocidades crecientes en la producción de nuevos conocimientos a tal punto que estimados mundiales muestran que el acervo científico tecnológico se duplica cada cinco (5) años, lo cual trae como consecuencia la obsolescencia de los conocimientos adquiridos o mejor, la necesidad permanente de estar en contacto con la formación.

Con relación a los profesionales, hace apenas algunas décadas estudios de expertos estimaban que los conocimientos y habilidades de un Ingeniero tienen una vida media de obsolescencia del orden de 7,5 años para los Ingenieros Mecánicos, 5 para los Electricistas y para los ingenieros de Sistemas era de apenas 2,5 años, la mitad del tiempo que invierte en la carrera. En la actualidad estos tiempos son drásticamente menores y en algunas especialidades, como la Electrónica y los Sistemas, los ingenieros deben actualizar por lo menos la mitad de lo que saben en los siguientes dos años y en algunos casos, es una tarea de apenas meses. El nuevo profesional requiere de una sólida formación básica que le permita abordar los nuevos conocimientos y avances tecnológicos.

Otro factor igualmente importante y posiblemente derivado del rápido cambio, es la tendencia moderna de las empresas a flexibilizar la contratación de profesionales llegando a esquemas en los cuales no contratan profesionales de planta sino que trabajan con ellos en la modalidad de "free lance", es decir, son convocados para conformar equipos de trabajo y son vinculados para una labor específica, la cual una vez terminada, conlleva el desmonte del equipo. Esta modalidad de vinculación trae consigo que el profesional para mantenerse competitivo en el mercado debe estar actualizado y lo debe hacer por sí mismo. Nuestro país no está lejos de este esquema y vemos como la propuesta de reforma laboral apunta precisamente a implantar estos esquemas flexibles, por lo menos al principio a nivel de las profesiones. El nuevo profesional requiere estar preparado para la conformación de equipos y estar entrenado para el trabajo con profesionales de otras disciplinas, otrora tan distantes como la Sociología y el Derecho.

De acuerdo con lo anterior, el trabajo del Ingeniero (del profesional en general) se realiza a nivel de equipos multidisciplinarios y en algunos casos, como sucede en los esquemas de subcontratación y "outsourcing", la información y la responsabilidad se están desplazando del nivel central al nivel individual dado que los avances de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (Internet), hacen que el conocimiento esté disponible para cualquiera, en cualquier parte y en cualquier momento, se debe ser capaz de actuar bajo esta nueva realidad, que algunos autores la identifican como la era de la "inteligencia distribuida". El nuevo profesional deberá disponer de herramientas y destrezas que le permitan "navegar" inteligentemente en el "mar" de conocimientos que tiene al alcance de una terminal de computador.



Complementariamente, cada vez es más exigente el ejercicio de la profesión en cuanto a que las decisiones no solamente tienen que ver con variables tecnológicas sino que son éstas pero en un contexto social. Es el nuevo enfoque de la Ingeniería como una disciplina que aborda problemas sociales con variables tecnológicas. Este nuevo profesional debe disponer de una cultura general amplia que le permita abordar la sociedad como un todo.

## La Situación Colombiana

Visto el panorama anterior es válido hacer la pregunta sobre cuál es el estado de la formación de pre y posgrado de Ingenieros en Colombia, para hacer frente a las exigencias que le plantean una economía globalizada y donde la competitividad es el indicador de supervivencia.

El Gobierno Nacional, a raíz de la apertura iniciada a principios de esta década, a finales de la presidencia del doctor César Gaviria, contrató con la firma Monitor Company, que preside el profesor Michel Porter de la Universidad de Harvard, un estudio para responder a las preguntas ¿Cómo Somos?, ¿Dónde Estamos? y ¿Qué nos falta?. Este estudio se realizó para varias regiones del país y particularmente en lo que al Valle del Cauca (1995) hace referencia, una de las mayores deficiencias era precisamente la poca escolaridad de nuestros profesionales, en el mejor de los casos, alcanzaba los 6,5 años, es decir, la mayoría de los profesionales se quedan únicamente con lo que han aprendido en la Universidad. El Informe Monitor planteó la necesidad de Sistemas Educativos no necesariamente formales y altamente flexibles. *“La mejor manera de transferir tecnología para después poder crearla, está en lograr una masa crítica de recursos humanos altamente educada. Lo hizo Japón y lo están haciendo exitosamente Corea del Sur y Singapur”*.

Más recientemente, en diciembre de 1998, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y COLCIENCIAS, contrataron con el CIDE y la Universidad de los Andes, un estudio para poder conocer las reales posibilidades de abordar la INNOVACION en Colombia analizando la formación de Ingenieros. Una de las conclusiones de este Estudio con relación a la Educación Superior y la Formación de Ingenieros, es que los profesionales Colombianos tenemos una tasa de escolaridad baja, 12 puntos por debajo del patrón. Al igual que en 1994, este factor sigue siendo un handicap para ingresar con posibilidades a las corrientes globalizadoras.

Las Universidades y las Asociaciones profesionales han iniciado acciones para crear condiciones que le permitan al profesional actualizarse y formarse en forma **continua**, a través de esquemas formales como cursos y seminarios. Hemos avanzado un poco con relación a la flexibilización y es así como se han creado esquemas como los Diplomados, entendidos como programas de actualización que pueden ser acreditados a programas formales, fundamentalmente de Especialización.

Los esquemas Universidad-Empresa en cuanto a la contratación de “Programas sobre Medidas” y que se desarrollan en el “sitio de trabajo” son también una muestra de la conciencia sobre la importancia de la capacitación y cualificación del recurso humano como factor determinante en la construcción de ventajas competitivas.

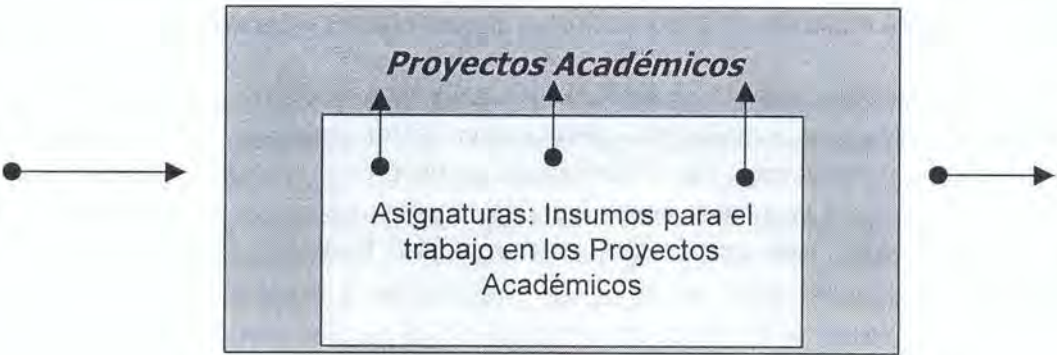


Los ejemplos anteriores son aspectos remediales y deben constituirse en complementarios a una formación profesional que se debe abordar con nuevos esquemas de aprendizaje en los cuales el profesional pueda experimentar la “vida profesional”, sus exigencias y las implicaciones de los cambios tecnológicos en el desarrollo de la misma. Esta es una realidad mundial, como lo son las exigencias anteriores y varios países han iniciado la implementación de nuevos esquemas de formación que tratan de subsanar las actuales deficiencias de una educación basada en enfoques pedagógicos de aprendizaje que se establecieron hace cincuenta años y que en consecuencia hacen que la formación tienda a permanecer centradas en el profesor y el contenido.<sup>1</sup> A continuación se presenta una propuesta elaborada en la Universidad del Valle y que está orientada a formar un profesional que responda a las exigencias de conocimientos, destrezas y competencias.

**La Formación Permanente de los Ingenieros**

La Educación Permanente o la Educación a lo largo de toda la vida, es una las características del nuevo profesional. La Unesco, con motivo de la Conferencia Mundial sobre Educación Superior, señaló este aspecto como central en las acciones para el próximo milenio. Con el objeto de avanzar en la propuesta, por Educación Permanente o Educación a lo largo de toda la vida, podemos entender como una manera de adquirir conocimientos y destrezas específicos con la intensidad y en el momento que sean requeridos. Debemos entonces formar al profesional para hacer frente a esta realidad y proponemos construir un modelo de Educación en Ingeniería que explore las posibilidades de nuevos paradigmas en la formación de Ingenieros y propicie un cambio de actitud profesoral hacia la formación en Ingeniería. *La Formación por Proyectos.*

Se parte de la hipótesis de que el aprendizaje de la Ingeniería puede ser abordado desde los primeros semestres a través de un currículo integrado que tenga como uno de sus ejes el aprendizaje por proyectos académicos y como uno de sus insumos, la práctica tradicional del currículo por disciplinas. La Figura No. 1 presenta un esquema del Ciclo de Formación por Proyectos.



*Figura No. 1. Formación por Proyectos*

<sup>1</sup> “Tendencias de la Educación en Ingeniería – Una Perspectiva internacional”. F.A. Kulacki y E.R. Kruger. Traducciones de Acofi, 1999



Son parte de esta Fundamentación:

- a) El Contexto, entendido como las condiciones internacionales para la competitividad científica y tecnológica; la crisis nacional, local e institucional; lo histórico, social y cultural; y las recomendaciones de la Conferencia de la Unesco sobre Educación Superior.
- b) La Facultad, en cuanto al agotamiento de los modelos académicos; el deterioro de su competitividad y reconocimiento; el distanciamiento de los espacios donde se define lo público, la política y la construcción de la infraestructura productiva, científica y tecnológica del país.
- c) La Ingeniería, bajo un enfoque que la considera como una práctica que aborda problemas sociales con componentes científicos y tecnológicos, que procura causar el mejor impacto posible con los recursos disponibles en una situación incierta o pobremente estudiada.

El concepto de proyecto académico es amplio. Esto significa que puede relacionarse con proyectos de investigación, de innovación y desarrollo tecnológico, proyectos de extensión y consultoría, proyectos de iniciación científica y tecnológica articulados a los componentes disciplinares o bien abordados como estudios de casos. Los proyectos académicos, articulados con la realidad, consideran variables tecnológicas, sociales, ambientales, económicas y son suficientemente universales para sustentar la formación del ingeniero. El modelo por proyectos académicos simulará los proyectos de Ingeniería, en los que no se conocen con precisión las condiciones iniciales y aún menos las finales en medio de una gran incertidumbre.

La estrategia identificada para desarrollar el concepto de Currículo alrededor de Proyectos Académicos, es un *Seminario* que, sin dejar de ser un espacio amplio de discusión, se centra en un caso particular.

El *Seminario* en su forma más sencilla, está concebido como un espacio para la construcción de conocimiento, pero centrará su discusión alrededor de la estructuración de un Nuevo Currículo alrededor de proyectos académicos. Es un espacio cerrado ya que convoca a los participantes pero, es también abierto a los interesados. Es ortodoxo en cuanto espacio amplio para la discusión alrededor de varias variables, y es particular en cuanto centra los desarrollos prácticos en un proyecto específico de tal manera que sus resultados puedan validarse e implementarse.

El *Seminario*, como espacio de encuentro, propone, examina, divulga y socializa, las experiencias formadoras en el aprendizaje por proyectos. Es coordinado por un Líder y contar con un grupo de profesores comprometidos con el proyecto, con compromiso fuerte y se espera del resto del profesorado un compromiso tolerante. Para su desarrollo, la metodología de trabajo considera la inscripción semestral, la definición de temáticas por semestre, el levantamiento de protocolos, discusiones, memorias y un boletín periódico como estrategia de comunicación de los avances en la reflexión y en la construcción del modelo. La Figura No. 2 presenta los niveles de cobertura del Seminario.

Para su implementaron, el Modelo por Proyectos Académicos se realizara en uno o varios Programas Académicos de Pre y Posgrado, que pueden ser los actuales o nuevos. Para su selección se debe identificar aquellos que tengan las mayores probabilidades de éxito para lo cual



se ha avanzado en algunos criterios: la disposición del profesorado, el entronque con las Unidades Académicas de la Facultad y su relevancia en la región. Para el Posgrado, además, debe haber investigación y posibilidades de formación de profesores. En una primera aproximación y teniendo en cuenta los criterios anteriores y los Programas actuales, se recomiendan las Ingenierías Industrial, Sanitaria, Agrícola y Rural (nuevo Programa) en el nivel de Pregrado y las Maestrías en Ingeniería Sanitaria y Ambiental y en Ingeniería de Sistemas en el nivel de Posgrado.

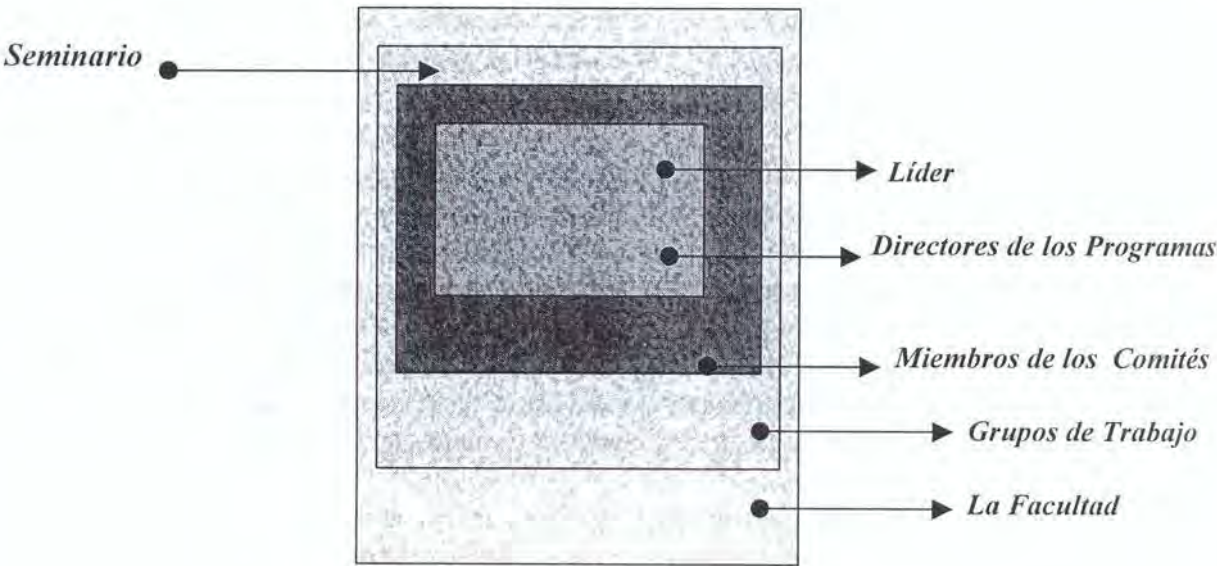


Figura No. 2 Niveles de cobertura del Seminario

Conclusión

Como educadores debemos darnos la oportunidad de experimentar nuevos modelos y esquemas y en este caso, tratándose de la Ingeniería, lo que está en juego es la competitividad de nuestros profesionales. La manera como vemos y abordamos la Ingeniería debe cambiar. Un estudio reciente, de septiembre de 1998, contratado por la Academia Nacional de Ingeniería de los Estados Unidos, mostró que más del 60% del común de la gente no sabe qué es ingeniería y qué hace un ingeniero. Es tan dramática la situación, conocida como la invisibilidad, que a la Ingeniería se le dice “The Stealth Profession” emulando aquellos aviones que causan gran impacto pero que no detecta el radar. La Ingeniería ha perdido legitimidad y no tiene identidad. Debemos avanzar hacia recuperar el espacio de la Ingeniería y del Ingeniero, por lo menos a los niveles de la primera mitad de este siglo. Nos hemos quedado con el resultado y la ingeniería se confunde con el valor agregado y en algunos casos, extremos, se le considera como una especie de herramienta o técnica. Es fundamental, en esta perspectiva, que el estudiante de Ingeniería desde los primeros semestres, tenga contacto con su profesión a través de los problemas que tendrá que abordar y resolver y adquiera las competencias para hacerlo.



Todo lo anterior para resaltar que a pesar que la frontera entre Ciencia y Tecnología es difusa, hay una diferencia clara entre ellas, la Ingeniería no es Ciencia Aplicada, la Ingeniería es creatividad, es diseño. Mientras que el Científico descubre el mundo que existe, el Ingeniero crea el mundo que por si solo nunca existiría.

## Bibliografía

1. "El Valle del Cauca de Cara al Mundo", Informe Monitor, "Situación Competitiva de la Región", Cámara de Comercio de Cali, Fundación para el Desarrollo Integral del Valle del Cauca. Santiago de Cali, 1995
2. "Formación de Recursos Humanos para la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en Ingeniería". DNP-COLCIENCIAS, Diciembre de 1998. CIDE, Uniandes.
3. "La Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción". Conferencia Mundial sobre la Educación Superior, Unesco, octubre de 1998.
4. Lo Curricular-Pregrado, Plano Conceptual. Informe Ejecutivo, Agenda de Trabajo Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle, Diciembre de 1998.
5. "Lifelong Learning in Engineering Education". SEFI, Société Européenne Pour la Formation des Ingenieurs, 1996.
6. "Project-Oriented Curricula in Engineering Education", SEFI Cahier no. 4, May 1993.
7. "Meeting of the Education Committee at Ministerial level Making Lifelong Learning a Reality for All". OECD Education Committee, 1996.
8. "Making Connections: The Role of Engineers and Engineering Education" Joseph Bordogna, Volume 27, Number1 – Spring 1997.



# **METODOLOGIA UTILIZADA POR LOS PLANES DE ESTUDIO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PARA SU AUTOEVALUACION CON FINES DE ACREDITACION**

**Ing. Judith del Pilar Rodríguez Tenjo**  
**Ing. Jorge Enrique Salazar**  
**Ing. Hernán David Angarita Pallares**

## **RESUMEN**

La Facultad de Ingeniería en sus Planes de Estudio de Civil, Mecánica y de Sistemas, se acogió en forma voluntaria al proceso de Acreditación con la finalidad de mejorar la calidad de estos programas.

El proceso de Acreditación se inició con la autoevaluación de cada uno de los programas, en el mes de septiembre de 1997, y a la fecha se ha culminado, estando actualmente a la espera de los pares académicos para la evaluación final y obtener la certificación de calidad.

Esta ponencia trata de aproximarse a un sistema o modelo de autoevaluación con fines de acreditación que puedan utilizar los programas de Ingeniería o que sirva de aproximación a un modelo para todos los Planes de Estudio de Ingeniería con la finalidad de ahorrar tiempo y recursos.

## **GENERALIDADES**

La Universidad Francisco de Paula Santander – UFPS, con una existencia de 37 años de creación, cuenta con seis facultades: Ingeniería, Ciencias de la Salud, Ciencias Empresariales, Educación, Artes y Humanidades, Ciencias Básicas y Ciencias Agrarias y del Ambiente.

Estas cinco facultades ofrecen 24 planes de Estudios y, específicamente la FACULTAD DE INGENIERIA ofrece los siguientes planes: Ingeniería Civil, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Producción Industrial, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Minas, Tecnología Química y Tecnología de Obras Civiles.



De acuerdo a su Estructura Orgánica, los Planes de Estudios están orientados académicamente por los Comités Curriculares y como facilitadores del profesorado se encuentran los Departamentos Académicos.

Con base en lo anterior, la Institución desde el mes de mayo de 1997, se acogió a los lineamientos de Acreditación emanados del Consejo Nacional de Acreditación, CNA, y de acuerdo a esto a partir del mes de septiembre de 1997 con la visita de algunos de sus miembros, se inicia la autoevaluación con fines de acreditación, en forma voluntaria de los planes de estudios de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Sistemas junto con los Planes de Estudio de Administración de Empresas, Contaduría, Enfermería y Licenciatura en Biología y Química.

## **JUSTIFICACION**

A la fecha en el país hay aproximadamente 400 programas de ingeniería que se cursan en 65 instituciones; esta proliferación de programas ha traído un problema de Calidad de la Educación, la cual se hace necesario medir o cualificarla. Los programas de ingeniería requieren de un análisis de su entorno, partiendo de los criterios que el CNA incluye en su guía de Autoevaluación con fines de Acreditación de los programas de pregrado, para acercarse a la calidad de Educación que se requiere para las necesidades tanto de la región como del país e incluso a nivel mundial.

La UFPS consciente de esta situación, optó por seguir los lineamientos del CNA con el fin de mejorar y mantener la calidad en sus programas, esta calidad se ha considerado que debe ser una calidad relativa y no absoluta, pues se entiende que cada día se debe ir mejorando dándole garantía a la sociedad de los productos de la calidad de los egresados de la Universidad y al mismo tiempo para tener un respaldo del Estado por idoneidad

## **DESCRIPCION DEL PROCESO**

### **1. AUTOEVALUACIÓN CON FINES DE ACREDITACIÓN**

**1.1 Visita de los miembros del CNA para establecer las condiciones iniciales:** La Universidad Francisco de Paula Santander, inicialmente envió un documento que contiene las condiciones iniciales de la Institución y de cada Plan de Estudios, sugeridas por la guía de Lineamientos para la acreditación. Posteriormente, a esto el CNA envió a dos (2) miembros de su Junta Directiva para verificar, analizar y sugerir un procedimiento más acorde con la realidad existente.

**1.2 Capacitación sobre instructivos a los Comités Curriculares:** la Institución formó un Comité Central de Acreditación cuyo encargo es orientar y apoyar permanentemente a los Comités Curriculares de cada Plan de Estudios. Esto incluye capacitación en la elaboración de instrumentos, encuestas, foros, seminarios, entrevistas, etc.



**1.3 Sensibilización de los procesos a la comunidad U.F.P.S: Estudiantes, Profesores, Administrativos y Directivos.** La Institución una vez dadas las condiciones iniciales inició un plan de sensibilización de la autoevaluación con fines de acreditación a toda la comunidad universitaria a través de foros, prensa, radio, carteleros, etc.

**1.4 Capacitación de los instrumentos a los Comités Curriculares: Elaboración de encuesta, Foros, Talleres, Seminarios.** El Comité Central de Autoevaluación creó una comisión de técnicos con la finalidad de dar instrucciones claras y precisas sobre la elaboración, tabulación y análisis de los diferentes instrumentos utilizados.

**1.5 Clasificación de fuentes de información de acuerdo a la Guía dada por el CNA.** Inicialmente el Comité Curricular, en sus primeras reuniones, se dedicó exclusivamente a conocer cada uno de los factores y sus características correspondientes. Una vez hecho esto, cada uno de los miembros se dedicó a buscar los soportes del Factor asignado a él por el Comité Curricular. En los plazos establecidos por el Comité Curricular cada miembro expuso lo que había encontrado de cada característica.

**1.6 Priorización de factores por medio de encuesta:** los Factores se sometieron a una encuesta entre profesores, directivos y estudiantes para que establecieran un orden de prioridad en el sentido de mayor a menor, pero en ningún momento, se hizo la aclaración, que se podía eliminar un factor.

**1.7 Priorización de las características entre los miembros del Comité Curricular.** Se tomaron las características de cada Factor y se hizo una encuesta entre los miembros del Comité Curricular para que establecieran un orden de mayor a menor de cómo afectaba esta Característica al Factor dado. Esta priorización se realizó dentro del Comité Curricular debido al gran número de Características, 65 en total y, para dar respuesta a esto se hace necesario conocer los 271 indicadores de que consta la guía dada por el CNA.

**1.8 Elaboración de encuestas y pruebas piloto.** Atendiendo las instrucciones dadas por el Comité Técnico se realizaron unas encuestas que fueron entregadas a profesores, estudiantes, egresados, directivos y administrativos para establecer la redacción, contenido y comprensión de lo solicitado.

**1.9 Elaboración, aplicación y tabulación de las encuestas y, su análisis.** Una vez conformada la encuesta definitiva se aplicó a la muestra calculada de estudiantes, profesores, egresados, directivos y administrativos.

**1.10 Foros, mesas de trabajo.** Se realizaron foros, mesas de trabajo con la presencia de profesores, estudiantes, profesores y estudiantes.

**1.11 Ponderación de Juicios de las características y grado de cumplimiento.** Variables, características y factores son sometidos al reconocimiento diferenciado de su importancia como elementos que se utilizan para evaluar la calidad; esto puede traducirse eventualmente en que se les asignen valores relativos dentro del conjunto al que pertenecen. Esta jerarquización debe hacerse antes de entrar a calificar el desempeño de la institución o del programa con respecto a cada uno de esos elementos. La importancia relativa de los elementos, establecidos antes de la



evaluación, define su incidencia en la calidad global del programa. La asignación de pesos distintos a las diversas características (ponderación) no significa que la evaluación se convierte en un proceso cuantitativo; debe recordarse que esa ponderación resulta de un análisis cualitativo de la incidencia de cada característica en una totalidad determinada por la naturaleza del programa y por un proyecto institucional que responde a ideas sobre la sociedad, la cultura y la educación superior. En estas condiciones, la ponderación refuerza y explicita pero no sustituye el análisis cualitativo.

Una vez completado el proceso de ponderación, se procedió a calificar el grado de cumplimiento de cada característica, utilizando una escala numérica, o una no numérica. De la combinación de la ponderación de cada característica con la calificación de su grado de cumplimiento (gradación en el juicio) se obtiene la valoración de las características y del factor al que pertenecen, y se dan los fundamentos para juzgar que tan cercano está el programa o la institución del logro máximo de la calidad.

Se debe tener en cuenta que la utilización de métodos numéricos no implica un desconocimiento de la importancia de hacer juicios integrales sobre la calidad y de tener muy en cuenta los aspectos cualitativos de la evaluación. De hecho se considera que la ponderación debe ser un ejercicio fundamentalmente cualitativo, que puede traducirse, por razones prácticas, en equivalentes numéricos. Así mismo, la calificación sobre el grado de cumplimiento, en el caso de cada característica, puede ser puramente cualitativa, no obstante que dicho grado de cumplimiento se exprese con un equivalente numérico.

Algunas características pueden ser tan importantes que su cumplimiento se constituye en un requisito indispensable para reconocer que un programa cumple con las altas calidades que exige la acreditación.

De estos procesos de ponderación y de gradación de los logros se puede pasar a emitir un juicio integral sobre la calidad del programa, con o sin la intermediación de equivalentes numéricos.

La ponderación debe ser entendida como una manera de hacer visible, previa justificación, la especificidad del programa y el modo como la institución lo orienta teniendo en cuenta sus determinaciones universales y la misión y el proyecto institucional.

**1.12 Grado de cumplimiento de los factores.** El anexo al punto anterior explica el grado de cumplimiento al grado de Factores y grado de cumplimiento del Plan de Estudios.

## **2. SOCIALIZACIÓN DEL PROCESO DE AUTOEVALUACIÓN**

Una vez terminado el proceso de autoevaluación del Plan de Estudios se convocó a la comunidad académica: estudiantes, profesores, administrativos, con la finalidad de socializar el procedimiento y los resultados obtenidos.



## REDACCIÓN DEL INFORME CON FINES DE ACREDITACIÓN

### 1. Introducción

Debe incluir una breve descripción de la metodología empleada y un resumen de las acciones realizadas en el proceso de autoevaluación.

### 2. Aspectos generales

- a. Síntesis de la misión y del proyecto institucional.
- b. Información básica del programa:
  - Nombre del programa y título que otorga.
  - Año de iniciación de actividades docentes.
  - Duración y jornada.
  - Número, nivel de formación académica y dedicación de los profesores del programa.
  - Número total de estudiantes matriculados.
  - Valor de la matrícula y demás derechos pecuniarios por periodo académico.
  - Número de promociones y de graduados.
  - Plan de estudios, síntesis de objetivos y otros aspectos relevantes del currículo.

## CONCLUSIONES

- Se hace necesario que la institución tenga un plan o modelo de autoevaluación
- Se hace necesario que la institución y, los Planes de Estudios lleven archivos permanentes de todas las situaciones durante su vida.
- Se hace necesario más divulgación y comunicación de todos los documentos que se produzcan dentro de la institución.
- Se debe dar una sensibilización permanente del proceso de autoevaluación a la comunidad.



## BIBLIOGRAFIA

1. ACOFI, ICFES, UNIVERSIDAD NACIONAL. Acreditación académica de programas de ingeniería. Encuentro de programas por ramas de la ingeniería. EPARI. Santafé de Bogotá, 1995.
2. ACTAS COMITÉ CURRICULAR.
3. CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACION. Guía para la autoevaluación con fines de acreditación de programas de pregrado. Santafé de Bogotá, 1997.
4. SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION. Normas. ACIUP, ACIET, ACICAPI, ICFES, ASCUN. Santafé de Bogotá.
5. UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER. Referencias documentales.



# ORGANOGENIA Y MODELADO ESTRUCTURALISTA DE LA GESTIÓN ACADÉMICA "OMEGA"

SANDOVAL, E., Magister en Informática

[nesadov@coll.telecom.com.co](mailto:nesadov@coll.telecom.com.co)

BERMON, L. Ingeniero de Sistemas

[lbermon@uis.edu.co](mailto:lbermon@uis.edu.co)

SARMIENTO, C. Ingeniero Industrial

[gaya@milano.uis.edu.co](mailto:gaya@milano.uis.edu.co)

ESTEBAN, L. Magister en Informática

[lesteban@uis.edu.co](mailto:lesteban@uis.edu.co)

LLAMOSA-VILLALBA, R.,

Phd. Ingeniería de Telecomunicación

[rllamosa@uis.edu.co](mailto:rllamosa@uis.edu.co)

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
CENTRO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO PARA LA INVESTIGACIÓN EN  
INGENIERÍA DEL SOFTWARE-CIDLIS-  
Carrera 27 Calle 9, Ciudad Universitaria UIS  
Bucaramanga, Santander, Colombia

URL: <http://flamingo.uis.edu.co> Fax: +57-7-6350540/ Tel. +57-7-6344000 ext. 2676

Palabras Clave: ASEGURAMIENTO DE CALIDAD, ISO9000, SISTEMAS COLABORATIVOS.

## RESUMEN

El sistema colaborativo "**ORGANOGENIA**<sup>1 2</sup> Y **MODELADO ESTRUCTURALISTA**<sup>3</sup> DE LA **GESTIÓN ACADÉMICA** (OMEGA<sup>4</sup>) define a las Instituciones de Educación como un compuesto de organización (estructura organizacional) y comportamiento (estructura funcional), complejo y unificado, por niveles, fuertemente correlacionados, a través de un sistema de información formal. Esta complejidad infiere, la síntesis del conocimiento, con la creación de un equipo de trabajo, integral y consistente, para identificar, el "Know How"<sup>5</sup> institucional. El proceso CNA[3], refiere, a la auto – evaluación institucional, pero da libertad, para pensar en el aseguramiento de la calidad<sup>6</sup>. "OMEGA" es un sistema para apoyar la síntesis del conocimiento organizacional y funcional, y así establecer un sistema de calidad, de todos o cada uno de los partes de la organización académica.

<sup>1</sup> Estudio de la formación y desarrollo de los órganos.

<sup>2</sup> Los principios filosóficos de OMEGA incluyen los modelos de aseguramiento de calidad ISO y IEEE, ciclo de vida de los productos industriales, planeación estratégica dinámica, calidad total, modelos basados en conocimiento y sistemas de información.

<sup>3</sup> Método de investigación común a muchas ciencias que persigue la aprehensión de la realidad a través de su estructura.

<sup>4</sup> "OMEGA" hace parte del núcleo del proyecto: "Gestión Administrativa y Académica de Instituciones educativas" -GAYA-, financiado por COLCIENCIAS.

<sup>5</sup> El "Know How" se asocia a cómo, qué, cuándo, dónde, quién, cuánto y porqué.

<sup>6</sup> Concretamente, como lo aconseja ISO9000, responsabilidad organizacional, control de documentos y datos, compras, diseño administrativo y curricular, investigación y desarrollo, entrenamiento, metrología e instrumentos estadísticos.



## **1 PRESENTACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.1 Antecedentes.**

Los antecedentes de OMEGA se sintetizan:

- El Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software (1993-1998) realiza importantes aproximaciones de automatización en el modelado organizacional en el sector productivo [1] y la Educación Superior [2].
- Keith et al (1995) [9] desarrollan una herramienta para el modelado de prototipos en el marco de una integración empresarial, proponiendo un lenguaje de programación lógica distribuido orientado a objetos (DK\_Parlog++).
- So y Durfee (1996) [9] representan organizaciones como estructuras de árbol generales, compuestas por agentes homogéneos que se transmiten paquetes de mensajes.
- SDML (1997), diseña el lenguaje de multiagentes flexibles para modelar organizaciones.
- Eric et al (1996) [9] desarrollan herramientas de dependencia estratégica para modelar relaciones intencionales de actores estratégicos y analizar medios/fines organizacionales, explorando alternativas relacionadas con el cumplimiento de metas y trabajos.
- El modelo organizacional Common KADS (Universidad de Edimburgo) [9], recomienda el examen de una organización a partir de cinco grandes perspectivas: actividades, estructura, procesos, poder/autoridad y recursos de la organización.

### **1.2 Hipótesis.**

El desarrollo de "OMEGA" tiene como supuestos los siguientes:

- ♦ El modelo CNA[1] y el sistema de aseguramiento de la calidad ISO 9000 [4], son complementarios y factibles de integrar, como herramientas de inspección y ensayo para la auditoría, verificación y validación.
- ♦ Toda institución educativa tiene su conocimiento plasmado en un modelo organizacional donde se desarrollan funciones administrativas, de investigación y de docencia [1][6][12].
- ♦ Hay necesidad de sintetizar formalmente, el conocimiento institucional en todos sus niveles, para reconocer, expresar y significar la cultura de la calidad, para emprender el desarrollo de un sistema que la asegure [1].
- ♦ La discretización [3] de una institución educativa en un conjunto finito de elementos individuales, denominados entidades, que se ven como instituciones a otro nivel, con su propia estructura y función, en donde toda función de alto nivel, se desagrega en un conjunto finito de funciones de menor nivel, y así sucesivamente, hasta las actividades atómicas. Estas actividades podrán ser controladas y evaluadas, para conocer el estado y avance de las funciones de alto nivel, al cual pertenecen.
- ♦ La Organización Educativa es una estructura jerárquica de elementos denominados recursos, valorados con indicadores, con los que se controla calidad de procesos y productos.
- ♦ La Institución Educativa es patrón cultural, que define y establece, planes y programas con principios y valores, formalmente definidos. Los recursos, insumos, productos y servicios se rigen por este patrón de conducta, que proporciona controles de eficiencia y eficacia.

## **2 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA.**

### **2.1 Organogenia de Instituciones Educativas.**

El sistema educativo es un modelo organizacional social, influido por el carácter dinámico y complejo del contexto y las múltiples expectativas del individuo, la comunidad y el estado; por cuanto constituye la esencia de la educación, la cultura y el aprendizaje.

La gestión de calidad, como filosofía organizacional, es hoy, un paradigma estratégico con



valores, principios y procedimientos, que contribuyen al progreso y mejoramiento.

La calidad en la Educación Superior, parece estar definida por el estado colombiano, en función de las características sugeridas y establecidas, para las instituciones y los programas, que se someten al proceso de acreditación [3]. Tales características, se valoran a la luz de una guía, formulada, respecto a factores, características y variables, que miden y valoran la misión, los propósitos, las metas, los objetivos, los procesos, los recursos y el conocimiento institucional, en docencia, investigación y proyección social.

Estudiar cualquier Institución Educativa de Educación Superior, como órgano, hace que ella se vea, como un todo condicionado a su propio entorno y a los ambientes económicos, industriales, sociales, políticos y culturales. Aquí es, donde el aseguramiento de la calidad tiene sentido, al brindar confianza y credibilidad, a colectivos, comunidad y a la propia organización.

Nuestro análisis nos lleva a definir "el qué y el cómo" de las Instituciones Educativas, para asumir y preparar proyectos serios, ante la calidad. Argumentando, conscientemente, que los cambios culturales en las organizaciones, son procesos lentos, con imprescindibles actuaciones tempranas, que estimulen, la definición y el diseño de planes sistemáticos de calidad, con el énfasis, que para que la calidad se haga realidad, deben crearse condiciones adecuadas, de organización, operación, gestión y clima.

## **2.2 Modelado Estructuralista de la Gestión Académica.**

El estructuralismo [9] establece la descomposición sistemática de un todo en sus partes. Esta idea va de la mano con el modelado organizacional. ¿Pero como debemos observar las Instituciones Educativas? De lo general a lo particular, de lo particular a lo general, por las partes, por los extremos, por los lados, por los proyectos, por las jerarquías o por los organismos de apoyo ("staff"). Pues bien, todo camino es válido, pero debe permitirse la flexibilidad, porque todas las organizaciones son distintas. Nuestro enfoque intuye el estructuralismo flexible, para contrastar lo global con lo particular.

## **3 MODELO DE INGENIERÍA PROPUESTO**

### **3.1 Especificación**

El proceso de especificación<sup>7</sup>, en OMEGA, incorpora, para comprender y divulgar el conocimiento<sup>8</sup> administrativo y académico, la identificación de las estructuras organizacionales y funcionales de la Institución Educativa. El conocimiento adquirido se valida, verifica y representa en diferentes formatos textuales y gráficos, para identificar, con indicadores, fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas<sup>9</sup>. Hemos definido un motor de especificación de conocimiento<sup>10</sup>, compuesto por motores de adquisición<sup>11</sup> y de expresión<sup>12</sup>. Cuando se desarrolla el proceso de adquisición, se dispone de un asistente para la construcción de modelos de evaluación, para apoyar la definición, el análisis, la valoración y la calibración de indicadores de gestión propios y de relación entre entidades organizacionales.

<sup>7</sup> El proceso de ingeniería del software para OMEGA, se ha enmarcado en técnicas orientadas a objetos, en estrategias de aseguramiento de calidad y guías IEEE para la especificación de requerimientos.

<sup>8</sup> Referente a sus modelos estructurales, funcionales y de logros

<sup>9</sup> Proceso similar al CNA, que perfectamente puede asumirse como modelo, utilizando los modelos de calibración de instrumentos de inspección y ensayo sugeridos en ISO9000.

<sup>10</sup> La interpretación del conocimiento es propia del usuario.

<sup>11</sup> El motor de adquisición asiste y controla el registro de conocimiento estratégico, administrativo, logístico y táctico de una institución educativa.

<sup>12</sup> El motor de expresión representa formalmente el conocimiento adquirido, que será evaluado, corregido y retroalimentado.



### 3.2 Planificación e integración tecnológica de conocimiento.

Proceso que asiste la definición y seguimiento de procesos y proyectos, encaminados a mejorar y superar debilidades, desarrollar de oportunidades y neutralizar amenazas, dentro del marco del aseguramiento de la calidad.

### 3.3 Administración del proceso.

La administración ensambla, el que hacer institucional, para planear, programar, controlar y auditar las funciones, los recursos<sup>13</sup> y los usuarios primarios<sup>14</sup> y secundarios<sup>15</sup> de la tecnología donde encaja OMEGA.

Los conceptos fundamentales de OMEGA, están en [13] y definen **Entidad Organizacional, Modelo funcional, Función organizacional, Indicador, Atributo, Política, Recurso, Producto y Variable.**

### 3.4 Diseño.

"OMEGA" representa la estructura de la institución educativa (figura No. 1), como un conjunto de elementos ubicados dentro de una jerarquía de elementos básicos, utilizados para representar la institución. La construcción del modelo genera una estructura jerárquica, que clasifica todos los elementos utilizables para el modelado, para estructurar, correspondientemente, funciones propias por entidad y de relación entre entidades.

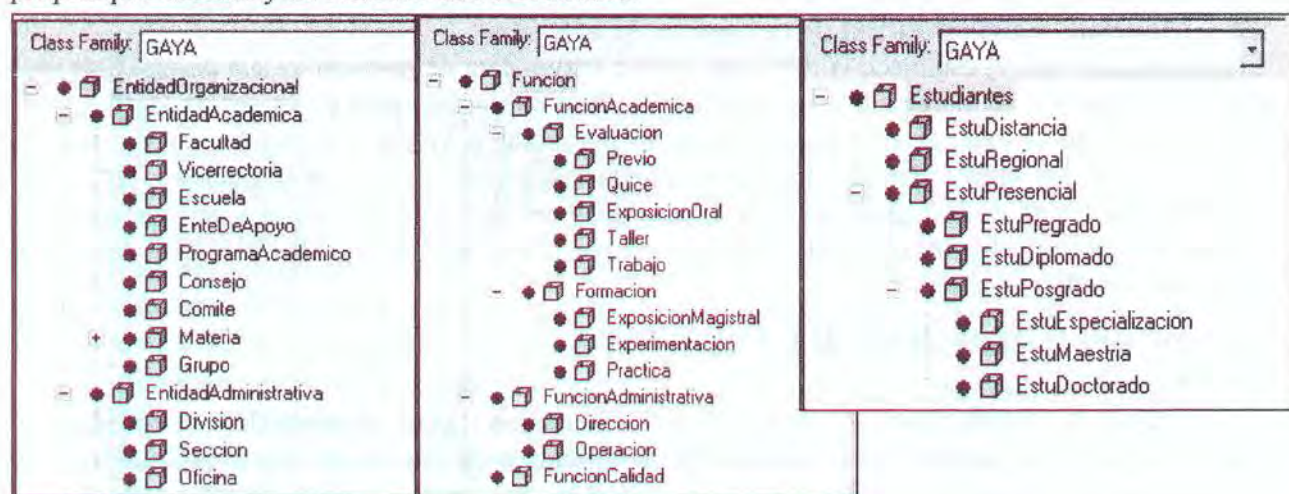


Figura No. 1 Diseño Organizacional

### 3.5 Producción.

El modelado de organizacional en OMEGA se soporta en el Centro de Apropiación e Integración tecnológica –CAIT–, infraestructura física<sup>16</sup> tecnológica<sup>17</sup> y organizacional<sup>18</sup>, organizada individualmente o en redes, con el objetivo de administrar, divulgar, entrenar y gestionar el conocimiento organizacional. El CAIT es un laboratorio de conocimiento, que funciona y opera en la organización, bajo un sistema de calidad, que garantiza cumplimiento y resguardo de conocimiento institucional.

<sup>13</sup> Personas, infraestructura, equipos, software, etc.

<sup>14</sup> Los recursos humanos que administrarán la tecnología.

<sup>15</sup> Los recursos humanos que usarán la tecnología

<sup>16</sup> Espacio físico adecuado como ambiente de trabajo

<sup>17</sup> Equipos computacionales, soporte de red y soporte audiovisual.

<sup>18</sup> El CAIT posee un sistema de calidad que garantiza el correcto funcionamiento.



### 3.6 Validación y Verificación.

Dada esta preocupación consciente del CIDLIS, en cumplir con los objetivos propuestos en sus proyectos, se ha considerado necesario, el aseguramiento de la calidad en OMEGA (por ende en GAYA), para lo cual se ha seguido el enfoque ISO9000<sup>19</sup>.

Este modelo, impone disciplina para garantizar la calidad de procesos y productos, contemplada con la verificación y validación de las actividades relacionadas con el desarrollo, los productos y la efectividad de éstos; verificando y validando el cumplimiento de requerimientos, satisfaciendo estándares, prácticas y convenciones, estableciendo las bases adecuadas para iniciar actividades posteriores de crecimiento, maduración y validación de productos finales.

La función de verificación y validación es realizada al interior del equipo de investigación y al nivel de instituciones que deseen validar los productos.

### 3.7 Programación.

"OMEGA" permite la asignación de insumos y recursos a las diferentes funciones que conforman una institución educativa. Destaca, que esta asignación de recursos es dinámica, y hace posible su adaptación, a las condiciones cambiantes que tienen las instituciones. Al programarse el perfil y la cantidad de recursos y productos para las diferentes funciones que conforman una función de mayor nivel, es posible monitorear el estado de los recursos asignados y los productos logrados.

### 3.8 Ejecución

Las actividades del sistema GAYA son asíncronas y distribuidas, de tal manera, que cada individuo en una organización identifica sus funciones, de acuerdo a los siguientes roles:

- ♦ *El Modelador de clases*, responsable de registrar, crear y mantener el modelo estructural en la organización, definiendo las estructuras de las entidades organizacionales.
- ♦ *Los Modeladores de instancias*, quienes registran, crean y mantienen los diferentes modelos para las entidades organizacionales de las cuales son propietarios.
- ♦ *El Asesor*, advierte a los modeladores de los efectos e impactos producidos por los cambios en el conocimiento organizacional.
- ♦ *El Gestor de proyectos*, gerencia los proyectos de integración del conocimiento tecnológico.
- ♦ *El Auditor*, controla el cumplimiento eficiente de las funciones asignadas a cada uno de los integrantes del sistema colaborativo.
- ♦ *El Interventor de proyectos*, inspecciona el desarrollo de las actividades en uno o más proyectos de integración tecnológica.

## 4 LA VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA TESIS.

### 4.1 Prueba en cursos básicos.

El grupo de investigación ha desarrollado cursos de pregrado, bajo la filosofía del aseguramiento de calidad, y con el apoyo de herramientas computacionales para la planeación, programación, desarrollo y evaluación de programas académicos.

Específicamente, el Curso de Lenguajes de programación, se ha venido modelando durante dos (2) años, como una organización, cuyos componentes, recursos, insumos y productos son planeados, programados, ejecutados y evaluados, dentro de los criterios preestablecidos por la

<sup>19</sup> ISO 9000 es un conjunto de normas internacionales sobre gestión y aseguramiento de calidad, aceptadas en 81 países del mundo. Son genéricas e independientes de un tipo de industria o sector económico. Su objetivo fundamental es el de unificar los distintos enfoques nacionales o sectoriales con relación a la gestión y al aseguramiento de la calidad, proyectándose al mejoramiento de la calidad de bienes y servicios, y al comercio entre las naciones



misma organización. Los participantes, conforman grupos de trabajo autodirigidos (GTA), que se comportan como organizaciones con sus propios estatutos, reglamentos y recursos.

#### 4.2 Pruebas en niveles organizacionales.

Se han elaborado ejemplos de aplicación tecnológica en la Universidad Industrial de Santander, (figura No.2), en donde se aprecia, el proceso de descomposición para elaborar, primero los elementos constructores del modelo, y posteriormente, su utilización para la construcción del modelo de la entidad organizacional, escuela, junto con sus componentes, esta desagregación, corresponde a programas académicos, materias y grupos.

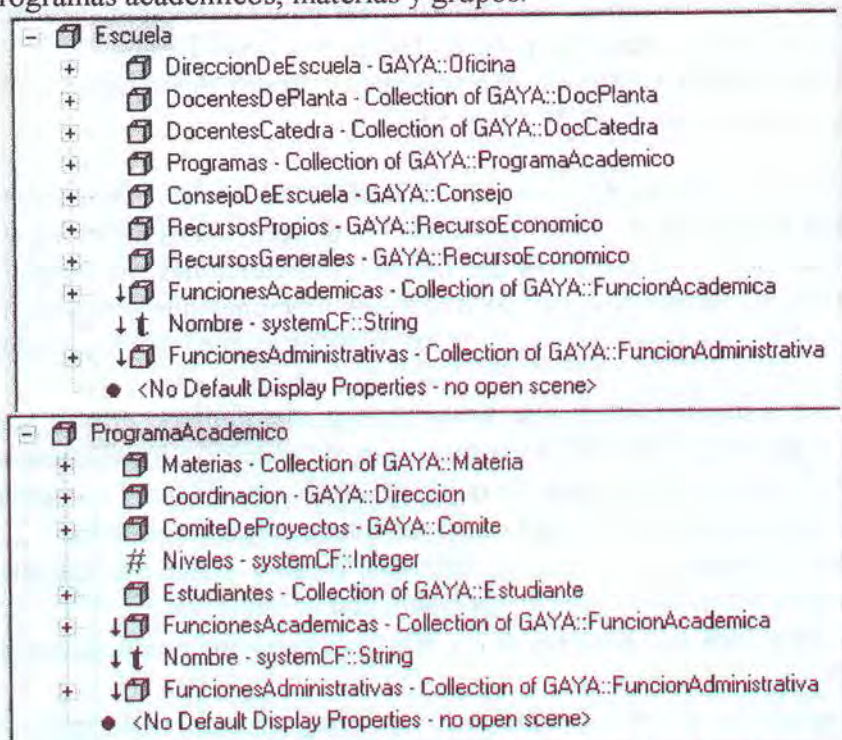


Figura No. 2 Modelado de Niveles Organizacionales

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1 Cumplimiento de objetivos.

- ♦ El desarrollo de GAYA y dentro de éste, OMEGA, ha logrado su objetivo al nivel de Centro de Investigación CIDLIS, gestando un grupo de investigación en aseguramiento de calidad en Instituciones Educativas.
- ♦ La UIS tiene conciencia de la importancia de modelado de conocimiento institucional y está dispuesta a asumir este reto, con esta nueva tecnología.
- ♦ Las Instituciones de Educación Superior han empezado a validar el modelo y su tecnología: El Instituto de Lenguas de la UIS, El ICFES, La Universidad Católica de Colombia, el mismo CIDLIS e inclusive empresas del sector productivo (Proyectos y Construcciones S.A. y Hijos de H. Pardo).

### 5.2 Comentarios.

#### OMEGA:

- ♦ Es **Filosofía**, enfocada al aseguramiento de calidad organizacional, que facilita y promueve el desarrollo de conocimiento para producir, mantener y administrar la información relacionada con la identificación, registro, diagnóstico, planeación, programación, ejecución y evaluación de los procesos y productos de las instituciones educativas.



- ♦ Proporciona a las organizaciones educativas, herramientas cognitivas, que integran el proceso de acreditación con el aseguramiento de la calidad, favoreciendo el establecimiento, de un clima organizacional metodológico hacia “el hacer”.
- Soporta las guías ISO9000, interpretadas hacia el sector educativo, resaltando la importancia de la organización y la formalización del aseguramiento de la calidad en organizaciones educativas.
- Proporciona un enfoque de aseguramiento de la calidad de proyectos de ingeniería del software, soportados en modelos de verificación y validación, propios del CIDLIS, aspecto importante para la validación del modelo generado. Se espera refinar y divulgar este modelo, para fortalecer la calidad de los productos software de la industria informática colombiana.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Llamosa et all, ACES, Aseguramiento de Calidad en Cursos de Educación Superior. Universidad Industrial de Santander, Proyecto UIS. 1997.
- [2] CIDLIS, Plan Estratégico del Centro de Innovación y Desarrollo Línea de Investigación en Ingeniería del Software, UIS, 1998.
- [3] CNA. Lineamientos para la Acreditación. Serie Documentos No. 2. Colombia, junio de 1996.
- [4] --. Compendio de Administración y Aseguramiento de la Calidad ISO9000. ICONTEC. 1994.
- [5] IEEE, Guía para la Especificación de Requisitos Software, 1992.
- [6] LOCK, D. y SMITH D. J. Cómo Gerenciar la Calidad Total. LEGIS EDITORES. Santafé de Bogotá, 1991.
- [7] --, OSA (Análisis de Sistemas Orientados a Objetos). <http://osm7.cs.byu.edu>
- [8] PRESSMAN, R. Ingeniería del Software. McGraw Hill, España, 1993.
- [9] LLAMOSA et all, Gestión Administrativa y Académica de Instituciones Educativas, CIDLIS, 1998, Proyecto Propuesta a COLCIENCIAS, UIS.
- [10] TABLA, G. Guía para Implantar la Norma ISO9000. McGraw-Hill, México, 1998.
- [11] TAORMINA, T. ISO9000 Liderazgo Virtual. Prentice-Hall. México, 1997.
- [12] Secretaría General Técnica del Ministerio de Educación y Cultura. Modelo Europeo de Gestión de Calidad, Guía Para La Autoevaluación. Centro de Publicaciones. España. 1997
- [13] LLAMOSA et all, Collaborative System for Evaluating and Modeling Organizational Entities, “EMOTIONAL”, NASSAU, IASTED, USA, aparecerá en Oct., 1999.



# **DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA APREHENSIÓN DE LOS CONCEPTOS DE ESPACIO (TIEMPO) Y MASA EN INGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**Matemático: Arturo Ramírez Baracaldo**

**Físico: Jesús Adalberto Mappe Bautista**

**Ingeniero: Alfredo Hernando Uribe Echeverry**

**Alumnos: Juan Carlos Murcia Durán, Carlos Andres Prada Durán**

## **"MULTIMEDIA UN NUEVO MEDIO DE ENSEÑANZA"**

"Uno de los problemas importantes es el de la capacidad de articular el propio pensamiento y de poder expresarlo. Para ello los sistemas multimedia pueden ser de utilidad, lo que se busca es un aprendizaje autodirigido y a ritmo personalizado".<sup>1</sup>

Motivados en apreciaciones como la anterior se elaboró un CD en multimedia que tiene por objetivo facilitar a los estudiantes de Ingeniería la comprensión y aplicación de los conceptos de espacio (tiempo) y masa indispensables en su quehacer académico y profesional.

Como introducción se presenta una animación que hace alusión al origen del universo y con él, al de las magnitudes espacio y tiempo, seguido de los créditos a la universidad y a los autores. Continúa la presentación con un menú que permite al usuario consultar los tópicos tratados a saber: Evolución histórica de los conceptos, definiciones geométricas y físicas usadas en Ingeniería, patrones, longitud, perímetros, área y volumen.

Con este trabajo el usuario logra una claridad conceptual de lo tratado, lo que permite optimizar el aprendizaje y aplicación de estos conceptos en Ingeniería, permitiendo mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Este trabajo está a disposición como apoyo en el ambicioso programa de Educación a Distancia que desarrolla la Universidad Militar Nueva Granada, a través del sistema de microondas de las Fuerzas Militares.

Como resultado de esta experiencia se concluye que los docentes deben estar dispuestos y preparados a adoptar nuevos medios de enseñanza para enfrentar los retos pedagógicos que llegan, con el nuevo Milenio.

---

<sup>1</sup> NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA EDUCACIÓN SUPERIOR MEDIACIÓN PEDAGÓGICA Y NUEVAS TECNOLOGÍAS. LOS MULTIMEDIA. DANIEL PRIETO CASTILLO. ICFES. PAG. 58



# **"DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA APREHENSIÓN DE LOS CONCEPTOS DE ESPACIO Y MASA EN INGENIERÍA"**

## **1. Antecedentes:**

Este Proyecto surge como respuesta a la convocatoria: Concurso académico sobre proyectos de desarrollo científico con resolución No. 098 del 4 de febrero de 1997 y es motivado por los siguientes antecedentes.

Inquietudes surgidas en los postgrados de docencia adelantados por los docentes, Adalberto Mappe y Arturo Ramírez.

El curso: Nuevas tecnologías aplicadas a la Educación Superior ICFES y Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá, 1995, dictado en la Universidad Militar Nueva Granada, nos plantea el reto de incorporar las nuevas tecnologías en nuestro papel de mediadores pedagógicos del tercer milenio.

Los problemas detectados por los docentes de ingeniería tanto en el área básica como en el área profesional, sobre las deficiencias de los estudiantes en el manejo de estos conceptos.

Como un deseo de los autores en aportar a la Facultad y a la Universidad ayudas didácticas, que contribuyan a mejorar el nivel académico de los estudiantes.

La recomendación dada por ACOFI en la XVII Reunión Nacional, sobre la utilización de las nuevas tecnologías computacionales como herramienta de consulta y práctica educativa fuera del aula.

## **2. Objetivo General:**

Crear e implementar un módulo didáctico multimedia sobre las dimensiones de espacio (tiempo) y masa que facilite a los estudiantes de Ingeniería la comprensión y aplicación de estos conceptos.

## **3. Objetivos Específicos:**

- 3.1. Revisar los contenidos programáticos de los cursos de Física y Matemáticas de Ingeniería, con el fin de establecer parámetros para la elaboración del módulo.
- 3.2. Consultar en forma escrita a Docentes del Área Básica Científica y profesional sobre el alcance de estos conceptos en cada uno de los contenidos programáticos desarrollados por ellos. (Formatos 1 y 2, ver anexos).
- 3.3. Hacer consultas bibliográficas sobre el enfoque de estos conceptos dados por filósofos y científicos a través del tiempo.
- 3.4. Confrontar los conceptos desde el punto de vista matemático y físico



- 3.5 Establecer parámetros que permitan la elaboración del módulo didáctico
- 3.6 Diseñar e implementar en multimedia el modulo didáctico que se desarrollará en dos etapas
  - 3.6.1. Primera Etapa. Evolución histórica de los conceptos Espacio (Tiempo) y Masa, definición de los mismos y ejemplo.
  - 3.6.2. Segunda Etapa. Aplicaciones específicas y prácticas de estos conceptos

#### **4. Metodología**

En la elaboración de este trabajo se procedió de la siguiente forma:

- 4.1. Indagación bibliográfica, de la cual se decantaron las diferentes apreciaciones de los conceptos dados por filósofos, matemáticos y físicos.
- 4.2. Confrontación de los contenidos programáticos con las afirmaciones dadas por los docentes del Area Básica Científica y Aplicada, sobre la aplicación de estos conceptos. Es de anotar que dicha confrontación es de carácter cualitativo no cuantitativo.
- 4.3. Se definieron los conceptos desde el punto de vista físico y matemáticos buscando que sean lo más claro posible y al mismo tiempo se establece qué tipo de animación o dibujo puede fijar en el estudiante el concepto.
- 4.4. Se hace un análisis de la forma como se lograría una mejor claridad y comprensión de los conceptos.
- 4.5. Basados en el anterior análisis se procedió a elaborar el guión que es llevado a multimedia.

#### **5. Conclusiones**

De acuerdo al problema planteado "Cuáles son los parámetros fundamentales para la implementación de un módulo didáctico en multimedia que facilite a los estudiantes de Ingeniería la aprehensión de los conceptos de espacio (tiempo) y masa": Concluimos:

Es necesario mostrar la evolución histórica de los conceptos para inducir al usuario a una claridad conceptual.

Se requiere definir estos conceptos desde los puntos de vista físico-geométricos para acercarnos a la realidad de la ingeniería.

Imágenes, sonidos y animaciones le facilitan al estudiante el entendimiento y aprehensión de estos conceptos, que le serán de gran ayuda en su desempeño académico y profesional.

Teniendo en cuenta estas conclusiones se elaboró la primera etapa del módulo didáctico multimedia.



Respetando el ritmo personal de aprendizaje se espera que el estudiante aprehenda formalmente los conceptos de Espacio (Tiempo) Masa. Utilizándolos en su proceso de formación y en su labor profesional posterior.

La comunidad académica contará con una herramienta de apoyo en multimedia que podrá ser mejorada en forma continua utilizando un proceso de evaluación (formatos 3 y 4, ver anexos)

De esta experiencia se concluye que es necesario trabajar en grupos interdisciplinarios cuando se quiere dar soluciones a problemas del aprendizaje en ingeniería.

Resultado de esta experiencia concluimos que los docentes debemos estar dispuestos y preparados a adoptar los nuevos medios de enseñanza en la búsqueda de la excelencia académica.

## **6. Fuentes Bibliográficas.**

- 6.1. GALVIS PANQUEVA, Alvaro H. Ingeniería de Software Educativa 1989. Santafé de Bogotá.
- 6.2. PRIETO, Castillo Daniel. ICFES - Pontificia Universidad Javeriana. Nuevas tecnologías aplicadas a la educación superior 1995. Santafé de Bogotá.
- 6.3. CAPRA Fritjof . El tao de la física. Tercera edición 1992 Madrid. Pág. 70, 76 238, 370.
- 6.4. SERWAY Raymond A. Física. Tomo I. Cuarta edición 1996 Mexico pag. 4, 8, 17, 111-112, 223.
- 6.5. SEARS - ZEMANSKY - YOUNG. Física Universitaria. 9 edición 1998. Longman USA pag. 4, 5, 1199, 1210, 1211, 1438, 1439.
- 6.6. TIPPLER, Paul . Física volumen I, II 1992. Barcelona España pag. 1, 2, 3, 4, 5, 307, 1129, 1109, 1111, 1116.
- 6.7. SCHURMANN. Paul F. Historia de la física. Tomo I, II pag. 13, 16, 19, 22,26,27,30, 34, 45, 46, 47, 65, 110, 130, 133, 169, 216, 256, 368, 384, 428.
- 6.8. GRANES José. Revista colombiana de física volumen 14. 1980. The concepts of space and time in classical. Physics an special relativity. Pág. 115-150.
- 6.9. NEWTON, Sir. Isaac. "Mathematical Principles of natural philosophy" University of california press. Escolios.
- 6.10. EINSTEIN Albert. La relatividad. 1970. México DC. Pág. 13 - 25, 37-41, 77-81, 111 - 115, 141-155, 165 - 177, 181.
- 6.11. COVENEY Peter - HIGHFIELD Roger. La flecha del tiempo. La organización del desorden. 1992. Barcelona. Pág. 23 - 383.



- 6.12. HAWKING Stephen. Gene stone. Breve historia del tiempo. 1996. Colombia. Pág. 61,62, 80,81, 82, 131, 136, 137.
- 6.13. Microsoft corporation. Enciclopedia Encarta. 1997 USA.
- 6.14. Zeta Multimedia. Cómo funcionan las cosas. 1995 - 1997. USA
- 6.15. FERRATER MORA José. Diccionario de filosofía. 1979. Madrid. Pág. 997 - 1006, 2135-2143,3241-3252.
- 6.16. BABINI José. Historia Sucinta de la matemática. Tercera edición. España. 1969. Madrid. Pág. 30-35, 115-124.
- 6.17 BENENGELI. Revista de arte, ciencia y buen gobierno, volumen 9 número 3. Santafé de Bogotá tercer trimestre 1994. Págs. 37 - 48.
- 6.18. TOMAS S.G. Finney, Cálculo. Volumen 1 y 2, 1987. México. Pág. 1-58, 255 - 389, 920 - 964.
- 6.19 STEWART, James. Cálculo. 1998. México. Págs. 39 -50, 380 - 415.
- 6.20. LEITHOLD, Louis. El cálculo con geometría analítica. 1990. México. Pág. 1-41, 458 - 551, 1303 - 1361.
- 6.21. HERNMERLING, Edwin M. Geometría elemental, 1971, México. Págs. 205 - 269, 371 - 391, 421 - 446.
- 6.22. THOMPSON, B.S, J.E., Geometría, 1961. México. Págs. 234 - 323.
- 6.23. AABOE, Asger, Matemáticas, episodios históricos. 1964. Colombia. Págs. 53 - 123.



# ANEXOS



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UN MODULO PARA LA APREHENSION DE LOS CONCEPTOS  
DE ESPACIO Y MASA EN INGENIERIA

FORMATO 1: ENCUESTA AREA BASICA CIENTIFICA

NOMBRE : \_\_\_\_\_

ASIGNATURA: \_\_\_\_\_

SEMESTRE : \_\_\_\_\_

1. ¿En que temas específicos de su asignatura se ven involucrados los conceptos de espacio y masa.?

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_
- d) \_\_\_\_\_
- e) \_\_\_\_\_

2. ¿Qué concepto maneja de espacio.?

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_
- d) \_\_\_\_\_
- e) \_\_\_\_\_

3. ¿Que concepto maneja de masa.?

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_
- d) \_\_\_\_\_
- e) \_\_\_\_\_

4. De acuerdo a 2 y 3, ¿Cómo cree usted se logre un mejor manejo de estos conceptos por los estudiantes.?

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_
- d) \_\_\_\_\_
- e) \_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO DE UN MODULO PARA LA APREHENSION DE LOS CONCEPTOS  
DE ESPACIO Y MASA EN INGENIERIA**

**FORMATO 2: ENCUESTA AREA PROFESIONAL**

**NOMBRE :** \_\_\_\_\_

**ASIGNATURA:** \_\_\_\_\_

**SEMESTRE :** \_\_\_\_\_

**1. ¿Cuales son las deficiencias encontradas por usted en los alumnos al desarrollar su programa en lo referente a masa y espacio.?**

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_
- d) \_\_\_\_\_
- e) \_\_\_\_\_

**2. De acuerdo a la pregunta anterior ¿En qué temas específicos cree usted debe reforzarse al estudiante .?**

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_
- d) \_\_\_\_\_

**3. ¿En la práctica profesional en que campos tienen aplicación estos conceptos.?**

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_
- d) \_\_\_\_\_
- e) \_\_\_\_\_



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“DISEÑO DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA LA APREHENSIÓN DE LOS CONCEPTOS DE ESPACIO Y MASA EN INGENIERÍA”**

Formato 3.

Apreciado estudiante : solicitamos a usted responder los siguientes interrogantes en la forma más exacta y responsable.

1. Respecto a la Presentación:

Los diferentes temas tratados están bien presentados      si ☐      no ☐

La forma como está diseñado es agradable      si ☐      no ☐

Las animaciones son buenas      si ☐      no ☐

2. RESPECTO A LOS CONCEPTOS

De los conceptos que a continuación citamos exprese cuáles considera que le quedaron bien claros indicando la B., medianamente claros indicando la R y los que no fueron entendidos indicando la M.

|      |                  |                            |                            |                            |
|------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| I.   | ESPACIO          | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| II.  | MASA             | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| III. | TIEMPO           | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| IV.  | LONGITUD         | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| V    | PERIMETRO        | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| VI   | AREA             | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| VII  | VOLUMEN          | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| VIII | PATRON DE LONG.  | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| IX   | PATRON DE MASA   | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| X    | PATRON DE TIEMPO | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“DISEÑO DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA LA APREHENSIÓN DE LOS CONCEPTOS DE ESPACIO Y MASA EN INGENIERÍA”**

Formato 4.

Apreciado docente : solicitamos a usted responder los siguientes interrogantes en la forma más exacta:

1. *Respecto a la Presentación:*

Los diferentes temas tratados están bien presentados      si    ☐      no    ☐

La forma como está diseñado es agradable      si    ☐      no    ☐

Las animaciones son buenas      si    ☐      no    ☐

2. *RESPECTO A LOS CONCEPTOS*

De los conceptos que a continuación citamos exprese cuáles considera que le quedaron bien claros indicando la B., medianamente claros indicando la R y los que no fueron entendidos indicando la M.

|      |                  |                            |                            |                            |
|------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| I.   | ESPACIO          | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| II.  | MASA             | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| III. | TIEMPO           | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| IV.  | LONGITUD         | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| V    | PERIMETRO        | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| VI   | AREA             | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| VII  | VOLUMEN          | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| VIII | PATRON DE LONG.  | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| IX   | PATRON DE MASA   | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |
| X    | PATRON DE TIEMPO | B <input type="checkbox"/> | R <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> |



# ALGUNAS EXPERIENCIAS EXITOSAS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

ALVARO RECIO BURITICA, Ph. D. <sup>o</sup>  
UNIVERSIDAD MILITAR "NUEVA GRANADA"  
FACULTAD DE INGENIERIA

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo buscó registrar las experiencias de un grupo de profesores exitosos en la enseñanza de la Ingeniería a juicio de sus estudiantes; así como la del saber pedagógico que dichos profesores han acumulado en forma exitosa durante algunos años, para que en el futuro estas experiencias puedan ser fuente de consulta e inspiración en el proceso de mejorar la calidad de la pedagogía y la didáctica en la enseñanza de la Ingeniería.

La principal conclusión de este estudio es la de que el profesor debe ser un **docente-investigador, actualizado, con capacidad de liderazgo, de crítica constructiva, creativo y de trabajo en equipo** con sus estudiantes y demás estamentos de la Institución para propiciar el aprendizaje significativo en pro de la solución de los problemas de la comunidad.

## 1. MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual da respuesta a cuatro (4) interrogantes:

- a) ¿Qué país queremos en función de la Ingeniería?<sup>(1-2)</sup>
- b) ¿Qué y para qué de la educación <sup>(3)</sup> y la pedagogía <sup>(4)</sup>?
- c) ¿Qué ingeniero necesitamos formar? <sup>(5)</sup>
- d) ¿Qué docente se requiere hoy y hacia el siglo XXI?<sup>(6-7-8)</sup>

## 2. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

Para la realización de este estudio, se desarrollaron las actividades siguientes:

- a) Se elaboró un marco conceptual para sustentar teóricamente el trabajo.
- b) Se aplicó una encuesta previamente diseñada y validada a 41 de 57 profesores que actualmente se encuentran vinculados a instituciones de Educación Superior oficiales y privadas, de la ciudad de Santafé de Bogotá, D.C., distribuidos así:

---

<sup>o</sup> El autor agradece la colaboración oportuna y valiosa de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar "Nueva Granada", en la persona del Señor Decano, Secretario, Directores de los Programas de Ingeniería Civil e Ingeniería Industrial, de las Secretarías y de los Ingenieros del Departamento de Internet, así como, de los profesores de las diferentes instituciones de Educación Superior que tuvieron a bien diligenciar la encuesta.



| OFICIALES                              | No.       | PRIVADAS                            | No.       |
|----------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|
| 1. Universidad Militar "Nueva Granada" | 7         | 3. Universidad de los Andes         | 7         |
| 2. Universidad Nacional                | 9         | 4. Universidad Javeriana            | 7         |
|                                        |           | 5. Universidad La Gran Colombia     | 3         |
|                                        |           | 6. Escuela Colombiana de Ingeniería | 6         |
|                                        |           | 7. Universidad América              | 2         |
| <b>TOTAL</b>                           | <b>16</b> | <b>TOTAL</b>                        | <b>25</b> |
| <b>GRAN TOTAL 41</b>                   |           |                                     |           |

- c) Los profesores fueron seleccionados de acuerdo con los resultados de la última evaluación disponible que los estudiantes matriculados efectuaron a sus docentes. Estos pertenecían a los programas de ingeniería civil, electrónica, industrial, mecánica y química dentro de las áreas de: 1) Ciencias básicas científicas y de ingeniería, 2) profesionales, y 3) humanísticas e investigativas.
- d) Se hizo el procesamiento y análisis de la información
- e) Se elaboraron las conclusiones y recomendaciones

### 3. PRESENTACION Y ANALISIS DE LOS DATOS:

#### 3.1 EN RELACION CON LAS PREGUNTAS CERRADAS

A continuación aparece la presentación y análisis de los datos obtenidos, así:

- Siete (7) años es el promedio que tienen los docentes en la enseñanza de las asignaturas bajo su responsabilidad
- El 51% de los profesores son de tiempo completo, el 29% de hora cátedra con un promedio de 6 horas semanales, y el 20% restante son profesores de medio tiempo
- Al preguntárseles sobre la posición en el escalafón docente, la mayoría de ellos (42%), parece ser que no están escalafonados o no existe el escalafón docente en sus instituciones. Dentro de los profesores escalafonados los porcentajes de mayor a menor, fueron en su orden: a) asociados 22%, b) asistentes 17%, c) titulares 12%, y d) instructores o auxiliares, con un porcentaje del 3%
- El promedio de años de vinculación con la institución a la cual se encuentran vinculados, fue de 12 años y para el programa 9
- En relación con la formación académica los resultados fueron los siguientes:

| a) con título de pregrado | b) con título de postgrado |
|---------------------------|----------------------------|
| 22%                       | 78%                        |

De los profesores que tenían postgrado, la distribución fue: a) con maestría 44%, b) con especialización 31% y con título de doctorado el 25%. De acuerdo con el título de pregrado, en primer lugar aparecen aquellos docentes que poseen el título de ingenieros, con el 46%, en segundo lugar, los que tenían otras profesiones (32%), y finalmente, están los profesores con títulos en ciencias básicas (química, física, matemáticas, estadística, etc.) con el 22%.



6. La participación semanal en actividades destinadas a la Facultad fue como sigue en orden de porcentaje: 1) docencia 49%, 2) investigación 23%, 3) otro tipo de actividades 14%, 4) administración 10%, y 5) actividades de extensión con el 4%

7. En cuanto se refiere a la producción intelectual se encontró

7.1 En cuanto artículos:

7.1.1 Revistas nacionales:

| No han publicado | Han publicado |
|------------------|---------------|
| 59%              | 41%           |

El total de artículos fue de 44 para un promedio de 3 artículos por docente.

7.1.2 Revistas internacionales:

| No han publicado | Han publicado |
|------------------|---------------|
| 83%              | 17%           |

De los siete (7) de los 41 profesores que publicaron en revistas internacionales, dos de ellos, escribieron 63 artículos de un total de 69

7.2 En cuanto a libros:

| No han publicado | Han publicado |
|------------------|---------------|
| 76%              | 24%           |

7.3 Producción de material docente: los porcentajes relacionados con 20 profesores que han producido este tipo de materiales fueron:

| Guías de laboratorios | Textos de clase | Guías de clase | Manuales | Elaboración de videos |
|-----------------------|-----------------|----------------|----------|-----------------------|
| 65%                   | 15%             | 10%            | 5%       | 5%                    |

8. Los resultados en cuanto a investigación:

| Han participado |     | No han Participado |     |
|-----------------|-----|--------------------|-----|
| No. 26          | 63% | No. 15             | 37% |

9. En cuanto a las experiencias profesionales que más incidieron en su labor como docente, pueden mencionarse:

| Ejercicio de la profesión | Asesorías | Consultorías | Investigaciones | Pasantías |
|---------------------------|-----------|--------------|-----------------|-----------|
| 48%                       | 21%       | 14%          | 14%             | 3%        |



10. Para el 55% no existe un **programa de formación** de docentes en la Facultad, y para el 45% si existe. Así mismo, el 64% expresó que existen **programas para la capacitación y perfeccionamiento** de los docentes, y el 36% manifestó que no existe este tipo de programas.

### **3.2 EN RELACION CON LAS PREGUNTAS ABIERTAS**

#### **3.2.1 En cuanto a la metodología de la enseñanza:**

En la metodología de la enseñanza se contemplaron dos aspectos principalmente: a) la planeación del curso, y b) la preparación, desarrollo y evaluación de la clase.

##### **a) Planeación del curso: para esta actividad los profesores utilizan generalmente:**

- La planeación de la asignatura que posee la Facultad
- El estilo muy personal y libre del profesor
- La planeación con base en las necesidades y expectativas de los estudiantes
- La planeación según los ejes conceptuales que le interesan trabajar al profesor durante el desarrollo de la asignatura
- La revisión del material bibliográfico que se utilizará y la búsqueda e identificación de problemas prácticos

##### **b) Preparación, desarrollo y evaluación de la clase**

###### **b.1. Preparación de la Clase**

- Se reúnen los temas y la bibliografía que se van a tratar en clase
- Elaboración de preguntas relacionadas con los ejes temáticos que se van a tratar
- Selección y preparación de casos teóricos, conceptuales o de aplicación práctica según el caso
- Preparación de las ayudas educativas tales como tablero, acetatos, filminas, videos, juegos didácticos, uso del "power point", etc.

###### **b.2. Desarrollo de la clase**

- Trabajo grupal e interacción con el grupo
- Uso de los medios audiovisuales
- Simulación de casos de la vida real
- Exposición por parte del profesor y de los alumnos con base en lecturas previas
- Motivación para despertar la duda, la actitud de verificación y la comprobación de cuanto se ha enseñado
- Uso de diferentes estrategias de aprendizaje que logren el interés y la motivación permanente en los estudiantes
- Uso del computador como herramienta didáctica

###### **b.3. Evaluación del aprendizaje**

###### **❖ Aplicación de:**

- Exámenes parciales y finales según el calendario establecido por la Facultad
- Pruebas cortas, orales, escritas y de libro abierto



### **b.3. Evaluación del aprendizaje**

- Evaluaciones cuantitativas y cualitativas
- Indicadores de logros cuantitativos y cualitativos
- Autoevaluación por parte de los alumnos
- Juegos gerenciales y didácticos
- Talleres didácticos
- Solución de problemas
- ❖ **Informes de:** a) salidas de campo, b) visitas empresariales, c) laboratorio.
- ❖ **Calificación de:** a) trabajo en el laboratorio, b) trabajos en grupo, c) trabajos individuales, d) trabajos finales

### **3.2.2 En cuanto a las relaciones interpersonales**

#### **a) Profesor – alumno**

- Relación de amistad y de mutuo respeto
- Orientación en asuntos personales a los alumnos
- Dar confianza a los estudiantes
- Compartir experiencias
- Comprensión de los estudiantes a través del conocimiento sobre sus características académicas, culturales, sociales y económicas
- Orientación en aspectos extracadémicos
- Seguimiento a los estudiantes en forma personalizada
- Ser abierto y directo en el momento de resolver inquietudes de tipo académico y personal

#### **b) Profesor – profesor**

- La relación profesor – profesor casi siempre es para:
- Aclaración e interpretación de temas y búsqueda de apoyos bibliográficos
- Comentar e intercambiar experiencias
- Comparar y compartir metodologías de enseñanza
- Intercambiar ideas sobre los contenidos de los cursos con los profesores del área respectiva
- Participar en reuniones académicas entre los docentes
- Discusión e intercambio sobre el rendimiento académico de los alumnos
- Trabajo en equipo y fortalecimiento de las relaciones de amistad

#### **c) Profesor – directivas:**

- Relación de: a) mutuo respeto y cumplimiento, b) apoyo laboral, c) carácter personal,
- Reuniones de: a) carácter formal e informal, b) informativas, c) personales, d) unificación de criterios, e) carácter laboral académico con jefes de área y directores de programa.

#### **d) Relación y actividades del profesor con el sector productivo:**

- Aproximadamente el 50% de los docentes no tiene relación con el sector productivo. Los que tienen relación con este sector, sus relaciones son más que todo de: a) carácter académico, b) asesorías, c) consultorías, d) relación laboral directa, e) haciendo parte de juntas directivas de las empresas, f) colaborando en programas de capacitación para las empresas, y g) participando en proyectos de investigación.



## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

Como resultado de este estudio se registran las conclusiones siguientes:

1. La mayoría de los profesores (51%) son docentes de tiempo completo
2. En promedio, los profesores dedican dentro de su labor semanal 49% a la docencia y el 23% a la investigación
3. El 80% de los profesores cuentan con título de postgrado
4. Aproximadamente la mitad de los docentes han recibido premios, distinciones y/o condecoraciones
5. El 40% los docentes han publicado en revistas nacionales, pero la publicación en revistas internacionales todavía es muy débil, pues sólo alcanza el 17%.
6. Los docentes encuestados no tienen una metodología de enseñanza única, por el contrario, ésta es variada e interesante en cuanto a los aspectos relacionados con la planeación de los cursos, la preparación, desarrollo y evaluación de las clases.

### 4.2 RECOMENDACIONES

Los docentes mismos, han dejado recomendaciones a sus colegas, a las Facultades de Ingeniería y a las Instituciones de Educación Superior en los términos siguientes:

1. Se requiere un docente – investigador, actualizado, imaginativo y creativo, que tenga mística, que ame su trabajo como docente y que tenga trato respetuoso y cordial con sus alumnos.
2. A las Facultades de Ingeniería, se les recomienda hacer énfasis: a) en la formación ética, b) en el aspecto social de la profesión, c) en las ciencias básicas y profesionales de la Ingeniería, d) en el manejo de la informática y los sistemas, y e) en el enriquecimiento del desarrollo sostenible.
3. A las Instituciones de Educación Superior, ellos recomiendan firmar convenios y establecer relaciones con otras instituciones y el sector empresarial para estimular los intercambios en el campo de la docencia, la investigación y la extensión, tanto a nivel nacional como internacional.

## REFERENCIAS (\*)

1. **AMAYA PULIDO**, Pedro y **GARZON GAITAN**, Carlos. Ingeniería y apertura económica. ACOFI, diciembre de 1995, p. 1-10
2. Ibid., p. 13.

---

\* Para la elaboración del marco conceptual, se tuvo en cuenta las referencias bibliográficas que aparecen mencionadas en este resumen



3. **RECIO BURITICA**, Alvaro. Materiales para el curso sobre metodología de la enseñanza. Santafé de Bogotá, D.C., Universidad La Gran Colombia, 1993, p. 74-75.
4. **AMAYA PULIDO**, Op. Cit.
5. a) **BLANCO RIVERO**, Luis Ernesto. "Perfil del Ingeniero del futuro". En: Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería", año 9, No.34, abril – junio de 1999, p.21. b) **RESTREPO C.**, Guillermo. "hacia un perfil profesional del ingeniero." XVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, Educación en Ingeniería cómo hacerla?. ACOFI, agosto de 1996, p. 2-5, y c) **OBANDO**, Servio Tulio. "Perfil del Ingeniero del siglo XXI." En: Revista de la Facultad de Ingeniería, No. 3, enero – junio de 1995, p.13.
6. **RECIO BURITICA**, Alvaro. "Perfil académico del docente universitario." Santafé de Bogotá, D.C., UNIAGRARIA, agosto de 1996, p. 1.
7. **RECIO BURITICA**, Alvaro. " El perfil del educador para el siglo XXI." En: Revista de la Facultad de Ingeniería, No. 3, enero – junio de 1995, p. 26 – 27.
8. **TUNNERMAN BERNHEIM**, Carlos. Desafíos del docente universitario en la educación del siglo XXI, Santafé de Bogotá, Universidad de los Andes, abril de 1999, p. 15 – 16.



# LA EVALUACION TRADICIONAL Y LA CALIFICACION

**Por Gladys A. Villamarin T.**  
**Departamento de Matemáticas y Estadística**  
**Universidad Nacional – Santafé de Bogotá**

## RESUMEN

La presente ponencia tiene por objeto tratar uno de los temas más álgidos en el proceso del quehacer pedagógico, cual es el de la evaluación.

En los diferentes eventos ya sea de carácter nacional o internacional se consideran como temas fundamentales los relacionados con tópicos pedagógicos, calidad de la enseñanza de las diferentes carreras, pasando por alto el problema de la evaluación.

Abrigo la esperanza que con esta contribución se comiencen a plantear foros que presenten soluciones a este problema.

En este trabajo consigno algunas apreciaciones sentidas a lo largo de mi larga experiencia como docente universitaria y desarrollada casi totalmente en la Facultad de Ingeniería.

El escrito consta de: Introducción, donde transcribo algunas reflexiones propias o ajenas de carácter teórico.

Análisis de la evaluación tradicional donde además de presentar una parte crítica enumero factores que inciden en la mortalidad académica en matemáticas.

Finalmente concluyo con una propuesta de evaluación.



## INTRODUCCION.

Una de las variables que inciden en la alta mortalidad académica de las asignaturas de matemáticas, en las carreras de Ingeniería es el método de evaluación.

Mientras en la educación básica y media se han hecho esfuerzos por cambiar los métodos tradicionales de evaluación, en la educación superior no se conocen trabajos ni grandes esfuerzos en esta dirección, se continua evaluando análogamente a como se hizo en los inicios de la apertura de las carreras.

La mirada evaluadora tradicional parte del concepto de objetividad, se asume como una práctica terminal de control de metas, se establecen unos retos y logros bajo la hipótesis que los programas sufren poco o ningún cambio en su desarrollo, pasando por alto los aspectos innovadores.

Los métodos de evaluación deben diseñarse de tal forma que se orienten a la preparación analítica e integral del estudiante, evitando en lo posible el planteamiento de problemas que no reflejen la calidad del aprendizaje.

Los docentes no reflexionamos sobre la práctica de EVALUAR, ésto se efectúa de una manera mecánica.

### I. ANALISIS DE LA EVALUACION TRADICIONAL

En la evaluación tradicional se ha priorizado la parte cuantitativa y no la cualitativa, se ha confundido evaluación con calificación. Para muchos docentes la única evaluación válida es la que realiza el estudiante individualmente al responder un cuestionario compuesto por unos problemas que en algunas ocasiones no han sido resueltos con anterioridad por el profesor para detectar el grado de complejidad y el tiempo empleado en su desarrollo.

El estudiante en ocasiones siente la evaluación **represiva** puesto que considera que no se está evaluando su conocimiento, ni lo que asimiló durante las clases y en su autopreparación.



Después de una evaluación escrita es frecuente escuchar expresiones como las siguientes:

“Había estudiando esto y me salió aquello”.

“Me equivoque en un cálculo”.

“El profesor no explicó suficientemente el tema”.

“No tuve tiempo para preparar todo el material”, en entre otras.

Estas son expresiones sobre las que nosotros no efectuamos análisis alguno, puesto que además de tener un componente de carencia de autodisciplina, llevan intrínseco connotaciones de tipo pedagógico.

Algunos docentes son reacios a introducir cambios en sus metodologías y a aceptar una crítica constructiva.

Existen docentes que en el ocaso del siglo XX se sienten orgullosos de lograr en sus cursos una mortalidad académica superior al 60%, se rutinizan en su quehacer, no innovan su forma de evaluar, ni son conscientes que allí existe un problema pedagógico. La alta mortalidad académica tiene un elevado costo humano y socio-económico que hasta la fecha no se ha analizado.

A la universidad ingresan jóvenes que llevan un buen trecho recorrido en lo relacionado al desarrollo de su personalidad y hábitos de estudio, pero son seres en formación a quienes se les puede contribuir en estos aspectos, puesto que el papel del profesor universitario no debe centrarse solamente en impartir conocimientos e información sobre los avances de la ciencia y la técnica, sino también en cimentar principios humanistas sólidos.

Si bien es cierto que la mayoría de los docentes fijan las reglas del juego el primer día de clases, las formas de evaluación tiene falencias. Existe una concepción positivista del aprendizaje, dirigida hacia la parte cuantitativa de éste, se da un predominio a la medición en la evaluación, el profesor mediante pruebas escritas u orales y otros mecanismos lo compila, para producir una nota final que representa una cantidad de aprendizaje, en algunas ocasiones no coincidente con la realidad o con el esfuerzo realizado por el alumno.

A continuación enumero algunos factores que a mi juicio son determinantes en la mortalidad académica en matemáticas.

En lo referente al estudiante.

- 1) Conceptos básicos deficientes.
- 2) Hábitos de estudio inadecuados.
- 3) Problemas socio-económicos.
- 4) Ausencia de diálogo profesor-estudiante durante el semestre académico.
- 5) No utilización de las horas de consulta con el profesor.
- 6) Falta de motivación.
- 7) Ausencia de las clases esporádicas o regularmente.



En lo referente a la parte docente

- 1) Métodos pedagógicos inadecuados.
- 2) Ausencia de las clases esporádicas o consecutivamente.
- 3) Arbitrariedad en la elaboración y corrección de parciales.
- 4) Formas de evaluación inadecuadas.
- 5) Entrega tardía de evaluaciones.
- 6) No planteamiento y resolución de problemas de aplicación.

## II. PROPUESTA DE EVALUACION

Una evaluación será más efectiva para el estudiante, si es motivada por el interés, la satisfacción, el reto del trabajo en sí mismo y no por la presencia de presiones externas, debe diseñarse de tal manera que resuelva los factores que obstaculicen o favorezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje, faceta de la evaluación denominada por algunos teóricos **retroalimentación**, ya que consideran que ella debe consevirse en un sentido positivo y no debe cumplir funciones coercitivas de control o de sentimiento.

Una evaluación eficiente debe contemplar además de aspectos cuantitativos, aspectos cualitativos con respecto al curso.

La evaluación por sí sola no garantiza la calidad del aprendizaje, sin embargo no es posible construir un proceso educativo, ni indagar de alguna manera la eficacia de una asignatura sin valerse de un método coherente y acertado de evaluación que sirva para reflexionar sobre las falencias en el proceso de enseñanza y en el de aprendizaje.

Que se deduce?

- 1) No confundir calificación con éxito o fracaso del estudiante en la asignatura.
- 2) Evaluar objetivos.
- 3) Considerar tanto el aspecto cuantitativo como el cualitativo en la evaluación.
- 4) Elaborar problemas de aplicación de la asignatura a las diferentes áreas con el concurso de profesores de las facultades respectivas.
- 5) Dar la debida importancia al trabajo realizado por el alumno tanto en la clase como fuera de ella.



- 6) Dar atención personalizada a los estudiantes, especialmente a los que muestren bajo rendimiento.
- 7) Utilizar las tecnologías de punta para realizar trabajos individuales o en grupo.
- 8) No considerar el trabajo escrito individual como el único factor de evaluación.
- 9) Intercambiar ideas sobre métodos de evaluación exitosos.

Por último si en una evaluación escrita mas del 60% del curso queda reprobado, analizar los factores que influyeron en esta situación.

En la reunión de facultades de Ingeniería pasada, presenté una experiencia pedagógica con una fuerte componente centrada en la evaluación, la considero exitosa comparando los resultados cuantitativos.

### **BIBLIOGRAFIA**

1. Pulido María Cristina, EL PROYECTO EDUCATIVO, 1994, Santafé de Bogotá.
2. PERFILES EDUCATIVOS, 1989, México



# **MODELO DE AUTOEVALUACIÓN PARA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Por:**

**Julián Bedoya V., Profesor Asociado Facultad de Minas**

**Paola Andrea Ramírez, Ingeniera Industrial**

**Sandra M. Salazar, Ingeniera Industrial**

En este ejercicio el proceso de autoevaluación se asimila a un ciclo de calidad, que es la base de un sistema de mejoramiento continuo, aplicado a los procesos académicos del programa curricular, teniendo en cuenta que éste se encuentra delimitado y relacionado con los demás elementos de la Universidad Nacional (Bienestar, Administración y Dirección) y con el entorno externo al cual sirve. La definición del modelo de autoevaluación fue coherente con los criterios definidos por el CNA (Consejo Nacional de Acreditación).

El resultado del proceso de autoevaluación fue una medida objetiva de las calidades que se originan dentro del modelo definido, según la concepción que sobre el programa tienen estudiantes, docentes, directivas, egresados y empleadores. A mayor vínculo de los agentes con el programa fue más alto el nivel de exigencia al calificar. Se aclara que las evaluaciones externas, empleadores y egresados, tuvieron un margen de error más alto que las internas por limitaciones de tiempo y costos.

Se destaca como conclusión una buena calidad general del programa, reflejada básicamente en un buen desempeño profesional de los egresados en el medio empresarial, en el cumplimiento de los objetivos de formación del programa y en una buena definición de plan curricular, a la luz de los criterios de la ABET (Asociación Norteamericana de Acreditación en Ingeniería y Tecnología).

El análisis también identifica los aspectos a mejorar, entre los que se destacan insuficiencia de algunos contenidos, falta orientación hacia las necesidades del país, exigencia del idioma inglés, calidad y cantidad de los recursos bibliográficos, actividad investigativa, entre otros.

El proceso de autoevaluación ha sido muy valioso para estudiantes, profesores y egresados porque ha permitido identificar las fallas y vender más fácil la idea de fortalecer el programa a partir de propuestas concretas. Además el cuerpo docente y de estudiantes han adquirido conciencia de la importancia de la continuidad en el proceso de autoevaluación, pues identifican indicadores de gestión que se deben aplicar en periodos cortos.



1. **Introducción.** La acreditación de los programas y de las instituciones de educación superior, además del mandato de la Ley 30 de 1992, es un gran paso hacia el fortalecimiento de la calidad, la cual es un compromiso ineludible con los usuarios y con la sociedad.

Es innegable que el futuro del país está ligado a la consolidación y al perfeccionamiento de la educación superior. El programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Minas consciente de esta situación se ha comprometido con el proceso de autoevaluación como paso básico para iniciar un proceso de mejoramiento continuo, y de acreditación.

Es el objetivo de este informe presentar una metodología de autoevaluación que se asimila a un sistema de aseguramiento de calidad y mejoramiento continuo, de aplicación común al control de calidad y mejoramiento continuo, de aplicación común al control de calidad de los productos manufacturados. El sistema se aplica al programa de Ingeniería industrial siguiendo los lineamientos del Consejo nacional de Acreditación (CNA) y con la colaboración indispensable de Estudiantes, Docentes, Egresados y Directivos asociados al programa. En razón de la brevedad de este informe solo se presentan resultados más representativos del trabajo completo.

Los resultados obtenidos en este trabajo son un punto de partida para realizar la etapa final de la autoevaluación, que corresponde a la implementación y monitoreo de mejoras, etapa que se excluye del alcance de este trabajo por las implicaciones temporales y de trabajo que exige.

2. **Organización Sistémica de Ingeniería Industrial** Ingeniería Industrial hace parte del macrosistema Universidad Nacional, cuya organización puede explicarse con el enfoque sistémico.

El enfoque sistémico concibe la empresa como un sistema complejo y abierto, en el que los distintos subsistemas y elementos están convenientemente interrelacionados y organizados, formando un todo unitario y desarrollando una serie de funciones que pretenden la consecución de los objetivos globales de la firma. Toda esta actividad se lleva a cabo en permanente interacción con el entorno, con el que intercambia materia, energía e información, que son utilizadas para el mantenimiento de su organización contra la degradación que ejerce el tiempo (Domínguez. Machuca, 1995, p. 13).

Partiendo de la definición anterior y aplicandola a una institución universitaria (Jaramillo, 1997, p.21), la Universidad Nacional puede considerarse como un sistema conformado por los siguientes subsistemas, los cuales estan estrechamente relacionados entre sí y con el medio externo, como puede verse en la Figura 1.

- Subsistema Académico
- Subsistema de Gobierno y Dirección
- Subsistema Administrativo
- Subsistema de Bienestar,



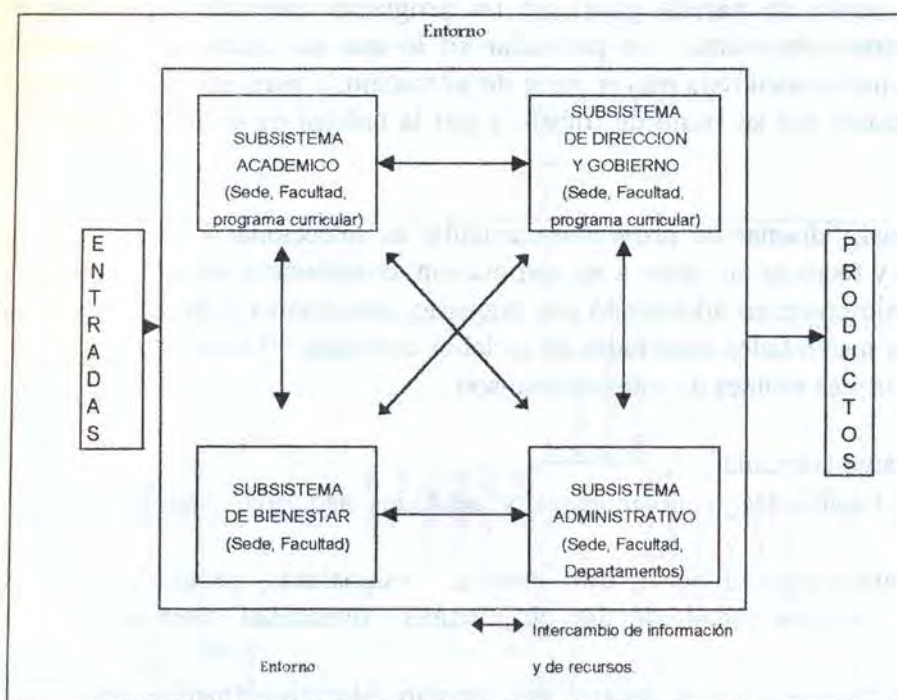


FIGURA 1. Sistema Universidad Nacional.

Los subsistemas mencionados se encuentran en todos los niveles de la Universidad (Nacional, Sede y Facultad) prestando su servicio a toda la comunidad universitaria. Cada uno de estos subsistemas recibe entradas o insumos provenientes del entorno o contexto y de los demás subsistemas. A su vez implican procesos, es decir, grupos de tareas lógicamente relacionados que emplean los recursos de la institución para dar resultados definidos en apoyo a sus objetivos, conformando así el sistema Universidad Nacional.

Se considera el subsistema académico como proceso primario ya que es estratégico para la función de la educación superior en el sentido de ser el responsable directo de entregar los principales resultados al medio (egresados, conocimientos, servicios); los demás subsistemas o procesos de apoyo facilitan el desarrollo adecuado del proceso primario.

Ingeniería Industrial, hace parte del subsistema académico, interactuando con los demás subsistemas.

**3. Subsistema Académico (proceso primario)** Se puede entender como el proceso de producción del sistema Universidad Nacional a través de los programas curriculares, cuyos objetivos son: la formación integral de profesionales, la generación y difusión de conocimientos, contribuyendo a la ciencia y la tecnología y satisfaciendo las necesidades sociales en su área específica. Implica dos procesos claves:

- Proceso de investigación de necesidades y diseño del plan de estudios bajo los lineamientos de la Universidad, teniendo como principio orientador los objetivos del programa y los fines de la universidad.



En nuestra opinión es el punto de partida para que un programa curricular comprenda su responsabilidad con la nación colombiana, en particular en lo que se refiere a la elección y orientación de las áreas en que concentre la mayor parte de su trabajo, y para que pueda competir al nivel nacional e internacional por su ritmo de trabajo y por la calidad de la investigación y la formación que ofrece.

Para la Universidad Nacional, “diseñar un programa curricular es seleccionar y organizar un conjunto de conocimientos y técnicas en vistas a su apropiación, complementándose y afinándose progresivamente en el trabajo conjunto adelantado por docentes, estudiantes y directivas siempre como consecuencia de unas necesidades detectadas en su labor cotidiana” (Universidad Nacional, 1994,p.172). Los resultados más visibles de este proceso son:

- Los objetivos del programa curricular.
- El perfil, conjunto de habilidades, conocimientos y actitudes asociadas con la dimensión profesional del programa.
- El pensum diseñado para lograr el perfil; este implica: asignaturas, programas de cada asignatura, disposición y secuencialidad de las asignaturas, intensidad horaria, aspectos metodológicos.
- Especificaciones para la prestación y el control del servicio educativo (medios, recursos y políticas de evaluación), con base a los lineamientos que para tal fin diseñe la Universidad.
- Proceso formativo de los programas curriculares, en el cual se realizan las tareas de docencia, investigación y extensión, razón de ser de una entidad universitaria, en torno a un pensum y cuyos resultados son los productos académicos: egresados, servicios, conocimientos.

Todos los recursos de la institución, manejados por otros subsistemas, confluyen en el desarrollo estas tareas.

Este proceso debe estar siempre orientado hacia el cumplimiento de los objetivos de la carrera y de los fines de la universidad y siguiendo las políticas que ésta tiene en cuanto a la labor académica.

Es importante resaltar que el desarrollo de los contenidos de un pensum no garantiza el perfil ni la calidad esperados, ya que los resultados del programa dependen de la labor cotidiana y de los esfuerzos de conocimiento de profesores y estudiantes.

La docencia, investigación y extensión no son procesos secuenciales, son simultáneos y se complementan y potencian entre sí. La Figura 2 ilustra este subsistema.

**4. Funcionamiento de un Programa Curricular.** El resultado de la interacción entre los subsistemas descritos anteriormente dentro del contexto universitario, y que confluye en el desempeño de los programas curriculares, puede observarse en la Figura 3, haciendo visible la relación recursos-información-procesos.



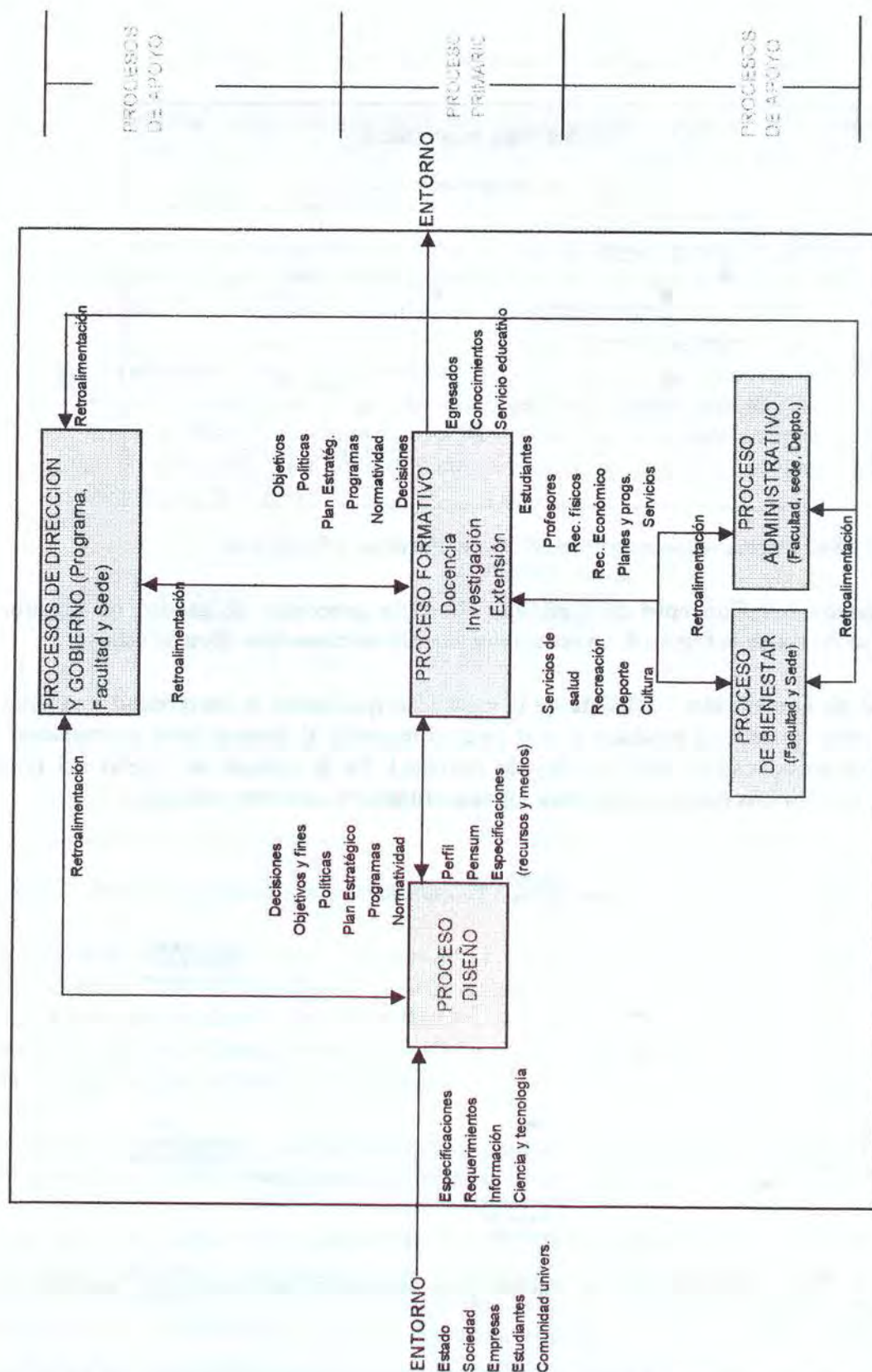


FIGURA 3 . Funcionamiento de un programa curricular de la Universidad Nacional.



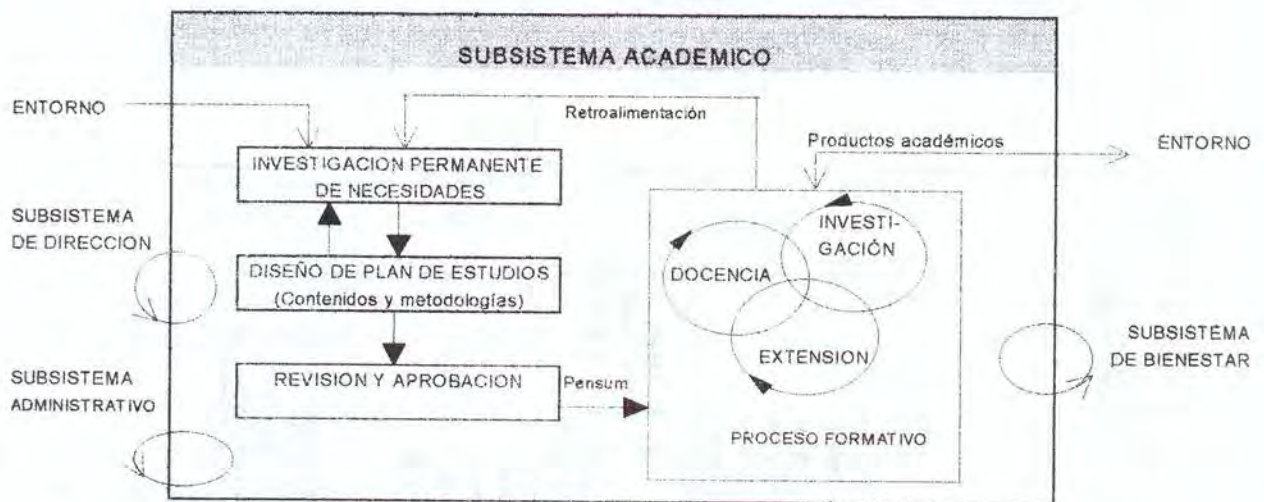


FIGURA 2. Subsistema Académico. Nivel: Sede, Facultad y Programa.

5. **Apropiación del Concepto de Calidad.** El ciclo generador de calidad de un producto académico se ilustra en la Figura 4, en la cual pueden diferenciarse tres tipos de calidad:

- **Calidad de concepción.** Medida de la capacidad que tienen la universidad y el programa curricular para concebir el producto que el usuario necesita, al plasmar tales necesidades en un diseño (proyecto educativo, perfil y plan de estudios). Es la calidad del diseño del producto académico, es decir una comparación entre los requerimientos externos y el diseño.



FIGURA 4. Ciclo generador de la calidad para Ingeniería Industrial. (D. Machuca y otros, 1995, p.407)

- **Calidad de concordancia.** Es la capacidad que tiene el programa curricular, de hacer realidad lo que definió en su proyecto. Es una comparación entre el diseño del producto y el producto



obtenido después del proceso de formación (docencia, investigación y extensión), medida en el egresado.

- **Calidad de servicio.** Es la que realmente importa al consumidor, y se mide en términos de su satisfacción. En nuestro caso específico, es la calificación e imagen que tiene el medio externo (empleadores) de los productos académicos de Ingeniería Industrial.

La calidad del servicio puede entenderse como un resultado de la relación permanente entre la calidad de concepción y la de concordancia; depende además de una serie de factores inherentes a la persona “egresado” y al ambiente laboral en el cual se desempeña.

6. **Enfoque Evaluativo a Seguir.** Un enfoque evaluativo para el sistema Ingeniería Industrial, es la manera de ver los elementos y las relaciones que se presentan en él con el propósito de evaluarlo; y como el objetivo es determinar la calidad se hace necesario integrar la visualización del programa curricular Ingeniería Industrial con el concepto de calidad adoptado para él; dicha integración se ilustra en la Figura 5.



FIGURA 5. Proceso Académico y su relación con la calidad.

- La calidad de concepción se mide comparando los productos del diseño de Ingeniería Industrial (objetivos, perfil, plan de estudios y especificaciones de recursos) con los requerimientos del entorno, a la luz de la misión de la Universidad Nacional.
- La calidad de concordancia se mide sobre el producto egresado en términos de su satisfacción con la formación que recibió y de sus logros en relación con los objetivos definidos por el programa.
- La calidad de servicio es la calificación que otorgan los empleadores al desempeño profesional de los egresados en términos de la satisfacción de sus requerimientos.

Hay que tener en cuenta que la calidad de los productos académicos y del servicio educativo depende de la calidad de los elementos que intervienen en su elaboración, es decir, los insumos (profesores, estudiantes, recursos), los procesos formativos y el ambiente donde éstos se realizan. La evaluación de estos elementos ayuda a identificar el origen de las fallas del producto. Así, la autoevaluación de un programa curricular implicará la evaluación de cuatro tipos de ámbitos: producto, proceso, insumos y contexto.

## 7. Conclusiones



- Si se desagrega la calidad general en sus respectivas componentes, se encuentra que la Calidad de Concepción es regular, por causa de debilidades encontradas al nivel de recursos docentes y físicos, que determinan la capacidad del programa y a nivel de orientación de los objetivos del programa hacia la satisfacción de las necesidades del medio. Esto implica que el programa debe mejorar su planeación y organización interna para el logro de sus objetivos.
- Las calidades de Concordancia y Servicio se encuentran en un buen nivel, a juicio de quienes son los usuarios del servicio educativo, con ligeras debilidades en la formación en el área tecnológica y en el desarrollo de algunas habilidades, siendo la más destacable el dominio del idioma inglés.
- A pesar de que el programa esté respondiendo con calidad, su impacto real en los estudiantes y en la sociedad podría ser mucho mejor si se contara con un nivel más alto de calidad de concepción.
- Es destacable el impacto del compromiso del estudiante en su proceso de formación, lo que se hace visible en una buena calidad de servicio a pesar de que el programa curricular tenga debilidades. Esto puede constatarse en el alto nivel de actividad extracurricular de los estudiantes, especialmente en inglés y sistemas lo que es coherente con las debilidades encontradas en estas áreas. Esta actividad debe seguirse apoyando dentro de la institución.
- Como otra manera de ver la calidad del programa, se tiene que Ingeniería Industrial es pertinente, eficaz, y eficiente, pero debe mejorar en cuanto a universalidad, coherencia, idoneidad, responsabilidad, transparencia e integridad.
- Puede decirse que el programa de Ingeniería Industrial cumple con los lineamientos para programas curriculares en cuanto a flexibilidad ya que presenta los porcentajes indicados para los diferentes núcleos que lo conforman y tiene una carga académica que le permite a los estudiantes dedicarse a otras actividades que complementan su formación
- Se confirma la importancia de la autoevaluación como herramienta de control y de apoyo para una buena gestión de un programa curricular, pero debe insistirse en la cultura de evaluación integrada al nivel de toda la institución para que como Universidad Nacional se ofrezca la mejor calidad educativa del país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABET. Program criteria for Industrial and similiary named engineering programs. Nueva York. 1998. Internet.
- DOMINGUEZ MACHUCA, José A. y OTROS. Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Editorial McGrawHill. Madrid, 1995. 503 p.
- RAMIREZ FRANCO, Paola y OTRO. Autoevaluación del Programa Curricular de Ingeniería Industrial de la Facultad de Minas. Trabajo dirigido de grado. Ingeniería Industrial. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1999. 299 p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Programas de pregrado. Reestructuración académica. Santafé de Bogotá, 1994. 196 p.



# **PLANEACION ESTRATEGICA PARA EL DESARROLLO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA FACULTAD DE MINAS**

**Por:**

***Julián Bedoya V., Profesor Asociado Facultad de Minas***

***Flor Yulieth Londoño, Ingeniería Industrial***

***Ana Isabel Montoya, Ingeniera Industrial***

La Universidad Nacional de Colombia, caracterizada por su liderazgo en la educación superior, busca funcionalidad excelente a todo nivel. Hoy día tiene una estructura compleja y poco flexible que no permite el funcionamiento adecuado para alcanzar los objetivos académicos de profesores y estudiantes. Esta ponencia busca dar un primer paso hacia el mejoramiento del programa curricular de Ingeniería Industrial, de manera que contribuya al desarrollo científico, social y tecnológico de la sociedad colombiana.

Ingeniería Industrial de la Facultad de Minas, fundada en 1968, contaba a 1997 con 676 egresados. Ha tenido cinco planes de estudio buscando mayor flexibilidad, coherencia, cambio de pedagogía y formación integral. El programa actual cuenta con unos quince docentes de tiempo completo o parcial que dictan materias a nivel profesional, líneas de profundización, electivas e ingeniería básica. El número de estudiantes se duplicó de 300 a cerca de 600 en 25 años, pero la planta docente ha permanecido estancada. El número necesario de docentes de tiempo completo para atender un cupo semestral de 100 estudiantes bajo las condiciones académicas de la facultad es de 34.

La mayor fortaleza de Ingeniería Industrial de la Facultad de Minas es cumplir con los lineamientos planteados por ACOFI sobre la calidad de la formación en Ingeniería. Se presentan deficiencias en áreas como informática, inglés, e infraestructura. En general la Facultad cuenta con multidisciplinariedad, imagen, formación básica buena, apoyo a la capacitación e investigación; como debilidades están la falta de compromiso de profesores y estudiantes, un bajo número de docentes dedicados de lleno a la carrera.

El plan estratégico de Ingeniería Industrial busca mejorar la calidad del programa por medio de una asignación apropiada de recursos académicos y docentes. Para lograr un buen nivel se debe establecer un sistema de gestión hacia la calidad en el cual se implementen pedagogías nuevas, relaciones con el medio, flexibilidad del plan de estudios, contratación de docentes; compromiso de estudiantes y docentes con el desarrollo de la carrera, la investigación y la extensión. Solo se



logrará el mejoramiento de la carrera si se hacen esfuerzos para transformar los procesos de administración, planeación, asignación de recursos y desarrollo de nuevos modelos pedagógicos.

## 1. INTRODUCCIÓN

**1.1 Objetivos y Metodología.** En esta ponencia se busca presentar los logros académicos de Ingeniería Industrial de la Facultad de Minas, resaltar sus puntos fuertes e identificar las debilidades que requieran ajuste. Se trabajó con base en las experiencias de los profesores, de los directores académicos de Ingeniería Industrial, de los estudiantes y de los egresados; además se utilizaron los archivos de Ingeniería Industrial y las estadísticas que generan diversas dependencias de la Universidad.

**1.1 Antecedentes.** Ingeniería Industrial en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín fue creada por el acuerdo número 142 del Consejo Superior Universitario el 14 de diciembre de 1967, convirtiéndose en la sexta universidad en tenerla en el país. La carrera empezó a funcionar en 1968 con estudiantes de las demás carreras de la Facultad de Minas, hasta 1970 cuando ingresaron los estudiantes nuevos. Por acuerdo 80 de 1975, el Consejo Superior Universitario estableció la nueva estructura académica para la sede Medellín y a raíz de esta reestructuración se inició el primer proceso de reajuste en el pénsum de las carreras de la Facultad de Minas, el cual concluyó en la primera gran reforma que se ha hecho al pénsum de Ingeniería Industrial.

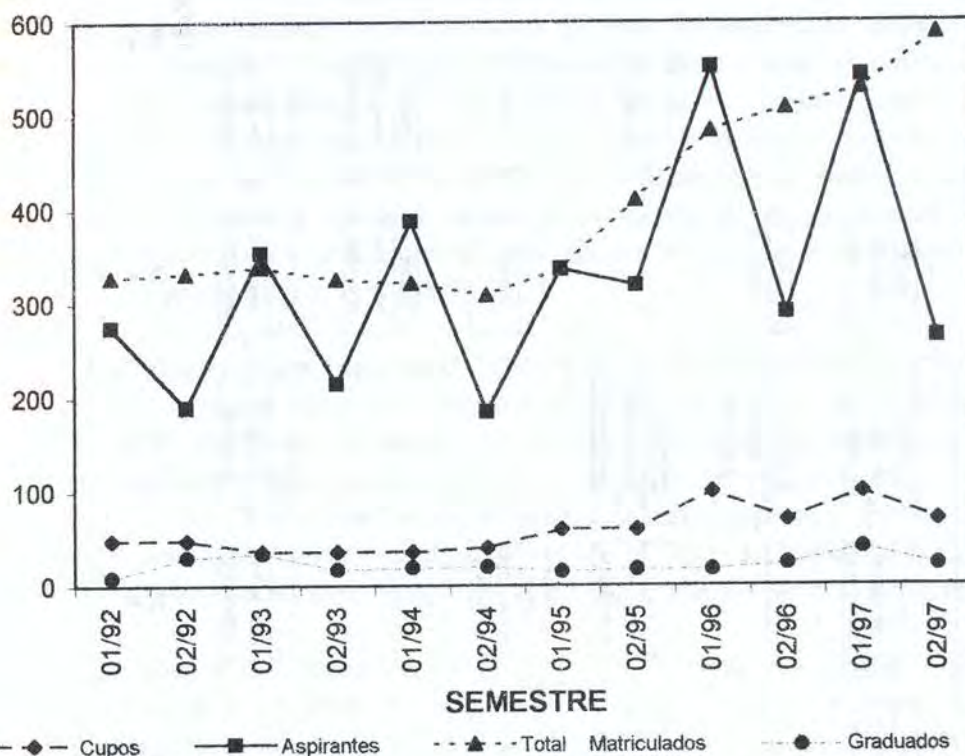
## 2. PENSUM ACTUAL Y PLANEACION ESTRATEGICA

**2.1 Situación Actual.** Para el semestre 01/99, la carrera contaba con 604 estudiantes en todos los niveles y hasta diciembre de 1998, la Facultad de Minas había graduado 676 profesionales en esta rama de la ingeniería (Bedoya, 1998; Rendón, 1998). La Figura 1 sintetiza las principales estadísticas en cuanto a cupos, número de estudiantes y graduados de Ingeniería Industrial para la década de los 90's. En la tabla 1 se detalla el número de graduados año por año desde la creación del programa.

En la Figura 2 se detalla el programa vigente a 1998 después de haber sido revisado y ajustado el plan de 1990 en diversas oportunidades.

Los diferentes cambios que ha tenido el pénsum de Ingeniería Industrial como la reducción del número de horas presenciales de clase, eliminación de algunos cursos y fusión de otros logran cambios cuantitativos que deben ir acompañados de una redefinición de objetivos, contenidos, cambios de estructuras pedagógicas y metodologías que involucren la flexibilidad y calidad en el contenido y enseñanza de las materias (Universidad Nacional de Colombia, 1996). Estos cambios buscan, además, darle un mayor enfoque hacia las áreas de producción, sistemas e informática, administración y manejo del recurso humano. Se destaca el interés por la conservación ambiental desde 1980 y el refuerzo de los factores humanos desde 1978 con el curso de Ergonomía.





**Figura 1. Estadísticas Estudiantiles de Ingeniería Industrial.**

**Tabla 1. Egresados de Ingeniería Industrial de la Facultad de Minas 1970-1997**

| AÑO                        | No EGRESADOS | AÑO  | No EGRESADOS | AÑO  | No EGRESADOS |
|----------------------------|--------------|------|--------------|------|--------------|
| 1971                       | 3            | 1981 | 27           | 1991 | 26           |
| 1972                       | 1            | 1982 | 30           | 1992 | 37           |
| 1973                       | 1            | 1983 | 39           | 1993 | 63           |
| 1974                       | 8            | 1984 | 35           | 1994 | 31           |
| 1975                       | 24           | 1985 | 13           | 1995 | 34           |
| 1976                       | 20           | 1986 | 15           | 1996 | 30           |
| 1977                       | 25           | 1987 | 21           | 1997 | 62           |
| 1978                       | 27           | 1988 | 10           | 1998 |              |
| 1979                       | 28           | 1989 | 25           | 1999 |              |
| 1980                       | 23           | 1990 | 18           |      |              |
| <b>TOTAL EGRESADOS 676</b> |              |      |              |      |              |



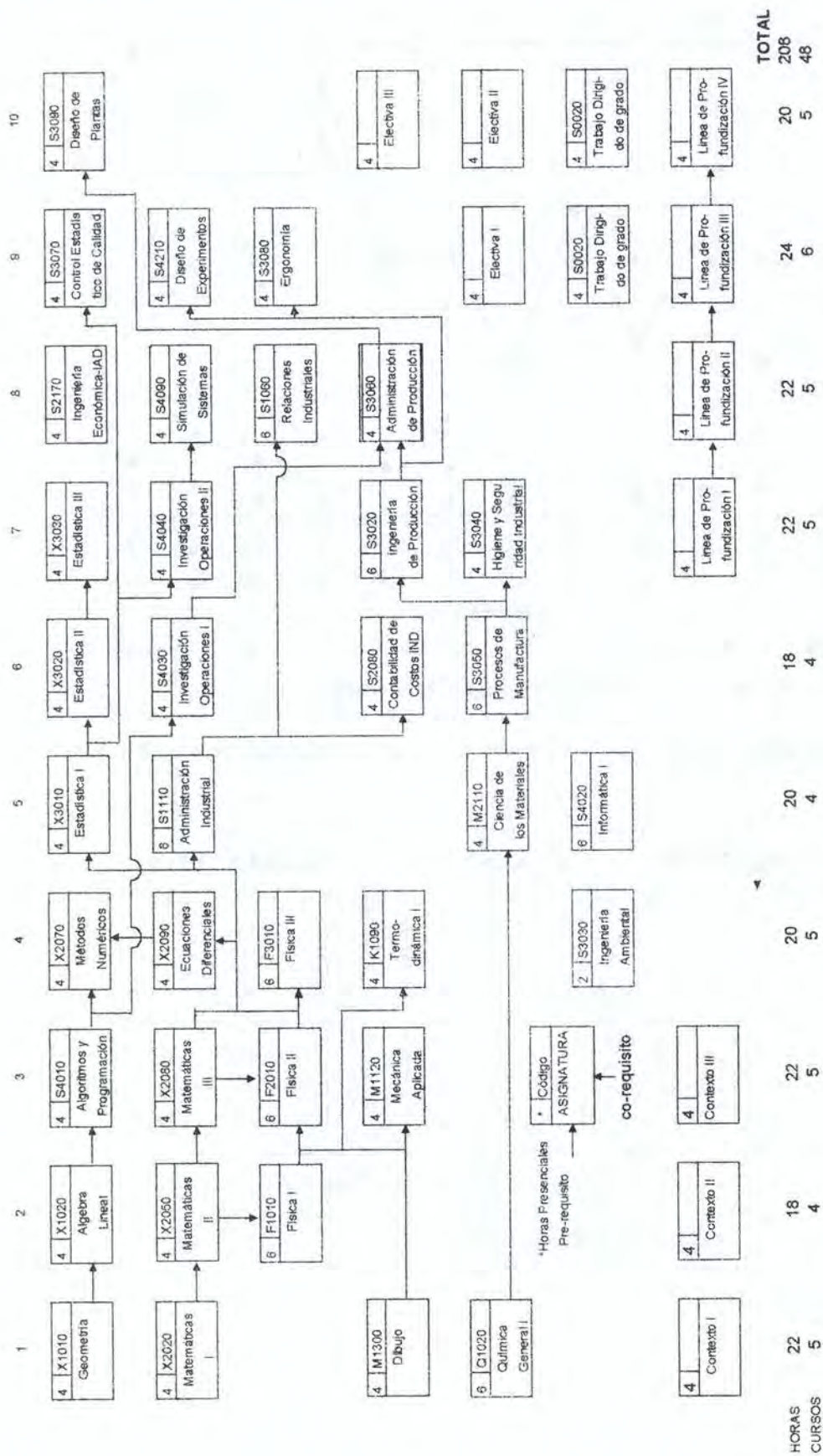


Figura 2. Pénsum y Flujoograma a 1998 de Asignaturas de Ingeniería Industrial



La Ingeniería Industrial posee una amplia aceptación en el medio y sus egresados tienen diversos campos de acción en todos los sectores económicos del país. En los últimos años se ha dado un desplazamiento hacia el sector de los servicios en áreas como mantenimiento, software, diseño de productos y procesos, restaurantes y comida rápida, banca y finanzas, seguros, seguridad industrial, capacitación y logística entre otras. Los principios de la Ingeniería Industrial se hallan en un estado de transición especialmente generado por la aparición de nuevas tecnologías y el posicionamiento de la informática. De esta manera la Ingeniería Industrial se debe adaptar a las condiciones tecnológicas y socioeconómicas del país (sin ir a la zaga de la tecnología) para poder mantener un alto nivel productivo y de calidad.

**2.2 Planeación Estratégica para Ingeniería Industrial.** Las épocas en que la universidad iba adelante y la sociedad la seguía, esperando qué nuevo tenía para aportar, han cambiado. Hoy en día la situación se ha invertido por completo, con la diferencia de que la institución educativa ya no alcanza a influir suficientemente como guía en la inculcación de valores y principios morales y éticos (Mestre. 1997). La Facultad de Minas, dentro de la cual funciona la carrera de Ingeniería Industrial, tiene una estructura muy compleja dentro de la Sede de Medellín de la Universidad Nacional y en sí misma que no permite flexibilizar adecuadamente sus programas académicos.

La planeación de una organización, en este caso la Facultad de Minas, debe verificar continuamente tendencias y cambios internos y externos que debido a su complejidad y la magnitud debe estar preparada para afrontarlos (Strickland y Thompson, 1994). Para la planeación se hace necesario la formulación, ejecución, evaluación y control de acciones o estrategias que permitan la identificación de las debilidades, fortalezas internas de la carrera de Ingeniería Industrial, las amenazas y oportunidades del entorno, el establecimiento de objetivos, metas y el análisis y desarrollo de estrategias alternativas que lleven hacia al cumplimiento de su desarrollo eficiente.

### **3. MATRIZ INICIAL DE DIAGNOSTICO**

Las fortalezas y debilidades se identificaron para Ingeniería Industrial las variables en las cuales se es fuerte, o las que por el contrario presentan deficiencias o debilidades. Las oportunidades y amenazas se identifican del análisis ambiental tanto de la Facultad como de Ingeniería Industrial y su variación afecta positiva o negativamente. Se busca identificar y evaluar oportunamente dichas amenazas y oportunidades.

#### **3.1 Fortalezas**

1. Actitud hacia el mejoramiento continuo por parte de la dirección.
2. Buena imagen del programa de Ingeniería Industrial, que se ve en la preferencia en el campo laboral por los egresados de la Facultad de Minas.
3. Sólida formación en el área básica.
4. Multidisciplinariedad con profundización en: sistemas, finanzas, estadística, economía, factores ambientales, cerámicos y vítreos, automatización.
5. Buen equipo de laboratorio para estudios y prácticas en Higiene y Seguridad.
6. Buen nivel investigativo y seguimiento personalizado a trabajos dirigidos de grado.
7. Egresados responsables contextualizados, lideran cambios, y proponen soluciones.



8. Formar parte la Universidad Nacional de Colombia, primer centro educativo del país.
9. Mezcla de clases sociales y de regiones.
10. Costo relativamente accesible para estudiar.
11. Ambiente físico propicio y agradable para estudiar.
12. Alta demanda de aspirantes nuevos
13. Una planta docente con estímulos permanentes para capacitación.

### **3.2 Debilidades**

1. Falta de concientización del estudiante en la necesidad de manejar el idioma inglés.
2. Poco compromiso de profesores y estudiantes con carrera y excelencia académica.
3. Falta de visión estratégica y de liderazgo en la carrera.
4. Bajo número de profesores para el área profesional de ingeniería Industrial.
5. Baja calidad del Recurso Humano Docente en su capacitación y especialización.
6. Uso de pedagogía limitada por los profesores en la transmisión de conocimientos
7. Programas académicos de las materias con perfiles superficiales poco prácticos.
8. Falta de relaciones sólidas con el medio empresarial
9. Subutilización del laboratorio sin suficientes servicios ni ingresos representativos.
10. Exceso de funciones para directivos y profesores de la carrera.
11. El desarrollo de la Carrera limitado por la estructura presupuestal de la universidad
12. Falta de cultura investigativa del docente y de los estudiantes.
13. Un alto número de profesores de la carrera se jubila en cinco (5) años.

### **3.3 Oportunidades**

1. Difusión del buen desempeño de los egresados a los empleadores.
2. Gran proyección de Ingeniería industrial por considerarse vital para el desarrollo
3. Concientización de la aplicación de la Ingeniería Industrial para ser competitivos.
4. Programas y convenios para que los profesores realicen estudios de especialización.
5. Apoyo del Gobierno para el mejoramiento de la calidad de la educación superior.
6. Apoyo por parte del gobierno para incrementar la investigación.
7. Apoyo por parte de la universidad a los investigadores.

### **3.4 Amenazas**

1. Gran cantidad de instituciones que ofrecen el programa de Ingeniería Industrial.
2. Mayor eficiencia en la inversión económica por parte de las universidades privadas.
3. Poco desarrollo en idioma extranjero y sistemas con respecto a otras instituciones.
4. Adaptación lenta de la universidad a los cambios acelerados y continuos del medio.

## **4. FORMULACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PARA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

La Ingeniería Industrial como programa curricular adscrito a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas, debe cumplir con su misión, visión y fines, a través de la formación integral de sus estudiantes. Si se quiere un programa de Ingeniería Industrial altamente competitivo es necesario buscar una alta capacitación de docentes con actividades de



investigación y de extensión que impliquen la posibilidad de ofrecer una formación con un alto aprovechamiento de recursos de alta calidad. Potencialmente la Universidad Nacional cuenta con los medios para lograr esto, pero debido a la actitud conservadora que presenta se desperdician estas posibilidades.

Se formula un modelo de planeación que marche de acuerdo con el desarrollo actual del medio externo e interno de la universidad y se busca generar alternativas para la solución de los problemas de la carrera detectados, como es la falta de docentes suficientes para satisfacer la actual demanda de estudiantes, las limitaciones en laboratorios, prácticas, trabajos dirigidos de grado y otras actividades inherentes a la academia. Es bueno resaltar que este trabajo pretende ser el comienzo de un largo proceso en la reestructuración y mejora continua de un programa curricular de amplia proyección para el impulso del sector productivo del país como es Ingeniería Industrial.

Finalmente, después de analizar las principales fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades de la carrera, se presentan varias soluciones posibles para tener cuenta como parte de un plan integral para el desarrollo de Ingeniería Industrial y que pretendan minimizar las falencias tanto académicas como presupuestales de la carrera.

## **5. PRINCIPALES OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS A SEGUIR**

### **5.1 Estructura Organizacional**

**Objetivo:** Adoptar una estructura organizacional flexible, que permita para el año 2000 orientar su gestión bajo los preceptos de calidad, investigación e innovación.

**Estrategia:** Mejorar la estructura organizacional con base en la autonomía.

### **5.2 Promoción en el Bachillerato**

**Objetivo:** Al cabo de cinco (5) años proporcionar al medio mas ingenieros Industriales de excelente calidad que suplan las necesidades y prioridades del desarrollo nacional.

**Estrategia:** Incrementar y mejorar la cobertura de estudiantes nuevos.

### **5.3 Desarrollo de Docentes**

**Objetivo:** Conformar una planta docente altamente capacitada para lograr que la universidad continúe respondiendo a los grandes desafíos del nuevo siglo.

**Estrategia 1:** Contratación de nuevos Docentes.

**Estrategia 2:** Mejoramiento del nivel académico de los Docentes.

### **5.4 Modelos Pedagógicos**

**Objetivo:** Implantar un modelo pedagógico dinámico y flexible, que logre la autonomía.

**Estrategia:** Efectuar cambios radicales en los modelos pedagógicos.

### **5.5 Desarrollo del Trabajo Práctico**

**Objetivo 1:** Lograr que el laboratorio de Ingeniería Industrial sea realmente un centro de apoyo en las diferentes áreas de formación de los estudiantes.

**Estrategia:** Organizar funcionalmente el laboratorio de la carrera.



**Objetivo 2:** Complementar la formación teórica del estudiante con el contacto del entorno y la solución de problemas reales.

**Estrategia:** Lograr un mayor acercamiento industria-universidad

### **5.6 Mejoramiento Continuo**

**Objetivo:** Implantar un sistema de gestión y evaluación que permitan el continuo mejoramiento de la carrera de Ingeniería Industrial.

**Estrategia 1:** Concientizar a los estudiantes del compromiso que tienen con la carrera.

**Estrategia 2:** concientizar a los docentes de su compromiso con la carrera.

### **5.7 Flexibilización del Plan de Estudios**

**Objetivo1:** En dos (2) años implementar un plan de estudios más acorde con las exigencias del medio, basado en la flexibilidad, unidad y continuidad de las áreas.

**Estrategia:** Hacer más flexible el plan de estudios actual.

**Objetivo2:** Fortalecer la formación básica de manera que haya una relación clara entre estos conocimientos y el núcleo profesional.

**Estrategia:** Consolidar el enfoque de las asignaturas del área básica.

### **5.8 Investigación, Extensión y Excelencia**

**Objetivo 1:** Lograr la formación integral del estudiante y del docente, enriqueciéndola con la investigación y la extensión.

**Estrategia:** fomentar y mejorar la investigación y la extensión.

**Objetivo 2:** Para el año 2000, lograr que el trabajo docente lleve implícita una formación de excelencia.

**Estrategia:** Evaluar el desempeño de los docentes.

**Objetivo 3:** Lograr mayor participación y compromiso de los estudiantes con el buen desarrollo estratégico de la carrera para el año 2000.

**Estrategia:** Fomentar la comunicación entre los estudiantes.

### **5.9 Acreditación e Interdisciplinariedad**

**Objetivo 1:** En cinco (5) años conseguir la acreditación y homologación del programa.

**Estrategia:** Iniciar la evaluación de la carrera para que garantice su calidad internacional.

**Objetivo 2:** Lograr que para el año 2000 el Ingeniero Industrial se desempeñe en disímiles campos laborales

**Estrategia:** Fortalecer la interdisciplinariedad

## **1. CONCLUSIONES**

En los últimos años, se ha incrementado el número de estudiantes que ingresan a la carrera, pero debido a que no sucede lo mismo con el número de docentes, a la poca flexibilidad del pénsum y a la reforma académica se esta dando un represamiento de estudiantes que no logran graduarse en el tiempo establecido por la universidad. Este fenómeno actualmente tiende a desaparecer según se muestra en las estadísticas de graduación, donde se aprecia un aumento en el número de graduados en los últimos tres semestres



- Los recursos con que cuenta la carrera de Ingeniería Industrial son insuficientes, sobre todo con el número de docentes comprometidos; el laboratorio no está adaptado para las necesidades de la carrera, la relación empresa universidad no esta bien estructurada y las salidas y prácticas son muy limitadas. Lo que hace más difícil la formación de los profesionales para el país.
- El plan de estudios de Ingeniería Industrial debe buscar la actualización y fomentar su formación interdisciplinaria, integrando la investigación, los sistemas productivos y de servicios, y el área de sistemas; además del mejoramiento de las metodologías pedagógicas y la capacitación docente.
- La estructura académico-administrativo de la universidad principalmente está diseñada para la docencia, que es una de las tres funciones primarias de la institución, las otras dos, investigación y extensión, están “adheridas” a una estructura que como sigue siendo curricular no tiene espacios propios para coordinar y controlar adecuadamente su naturaleza; no ofrece la flexibilidad que se requiere para la actividad interdisciplinaria y para la gestión de proyectos, que demandan mejores relaciones entre académicos de distintas unidades.
- La inquietud del actual director de la carrera de Ingeniería Industrial por conocer su posición estratégica dentro del entorno social del país, se constituye en una acción que debe servir como ejemplo para otras unidades de gestión, pues todas deben contribuir en el cumplimiento de la misión de la universidad y las leyes dadas en el régimen orgánico.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- ACOFI. *Conferencia Mundial sobre Educación en Ingeniería y Lideres de la Industria*. Santa Fé de Bogotá, 1997.
- CASTAÑO, Horacio, BENITEZ Virgilio y ZAPATA, Hernán Alonso. *Bases Metodologicas para la Acreditación de un Programa Curricular*. Trabajo Dirigido de Grado. Ingeniería Industrial. 1997.
- FORCADAS FELIU Jorge. *La carrera de Ingeniería Industrial*, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 1970.
- FRANCO BOTERO, Diego. “*Actualización y Modernización del Curriculum en Ingeniería Industrial*”. Documento ejecutivo ICFES-ACOFI. Santa Fé de Bogotá, DC, Febrero 1996.
- LONDOÑO, Flor Y y OTRO. “*Plan Estrategico para el Desarrollo de la Carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad de Minas*”. Trabajo dirigido de grado. Ingeniería Industrial. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1998. 100 p.
- MESTRE DE TOBÓN, Olga. Vicerrectora Sede Medellín, citada en “*Propuesta para consolidar una filosofía del desarrollo institucional de la Universidad Nacional de Colombia*”. 1997.
- STRICKLAND, III A. J, y OTRO. *Dirección y Administración Estrategicas*. Conceptos, casos y lecturas. Edición especial español, 1994.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. *Cátalogo de Servicios*. Medellín, 1997.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. *Acuerdo 08 sobre Aprobación de Planes de Estudio para La Facultad de Minas*. Santafé de Bogotá, 1990.



# NUEVOS MEDIOS DE ENSEÑANZA BASADOS EN APRENDIZAJE COLABORATIVO SOBRE LA WEB

Ing. DEMETRIO ARTURO OVALLE CARRANZA, Ph.D.  
dovalle@perseus.unalmed.edu.co

Ing. DANIEL CASTRILLÓN PÉREZ  
dcastril@perseus.unalmed.edu.co

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Sede Medellín  
Postgrado en Ingeniería de Sistemas,  
Facultad de MINAS  
Calle 65 No. 78-28, Bl. M1, piso 4o  
Tel : (094) 422 00 22 ext : 5521, Fax : (094) 435 06 20 ó 234 10 02

**Resumen:** La tecnología informática avanza día a día a pasos agigantados y las metodologías de Enseñanza/Aprendizaje hacen un esfuerzo para estar a la par con dicho crecimiento. La Universidad Virtual es un reto y realidad actual que pretende extender el cubrimiento educativo a lo largo y ancho del globo basándose en la red de redes: INTERNET. Así pues, en este trabajo se presenta un modelo de Universidad Virtual basado en el enfoque de aprendizaje y trabajo colaborativo (Computer-Supported Cooperative Work (CSCW) y Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)) basado en la WEB y su aplicación práctica a un curso de postgrado en Ingeniería de Sistemas mediante el uso de herramientas GroupWare.

## 1. DEFINICIONES DE APRENDIZAJE Y TRABAJO COLABORATIVO APOYADO POR COMPUTADOR

El término *Computer-Supported Cooperative Work* (CSCW) fue acuñado por Iren Greif de MIT y Paul Cashman de Digital Equipment Corporation, los cuales, junto con otras veinte personas, se reunieron para explorar el role de la tecnología en el ambiente de trabajo. A partir de ese momento, miles de investigadores y desarrolladores a nivel mundial han venido trabajando en este campo, sin embargo, se nota gran diferencian en las perspectivas Europeas y Norteamericanas. Los primeros se centran en grandes proyectos y Organizaciones, mientras que los otros van más allá de aplicaciones de un sólo usuario a productos para grupos pequeños [1].

El término CSCW hace referencia a gente trabajando en grupo en un producto, área de investigación o tópico, con la ayuda de computadores [2]. Este campo es conocido también como Computer-Supported Collaboration, GroupWare (GW), Workflow y Group Decision Support Systems.

Dependiendo del grupo de trabajo, la tercera C del acrónimo, puede entenderse como Cooperativo, Colaborativo, y hasta incluso Competitivo. El término Cooperación se refiere a la búsqueda de una meta común mediante la división de tareas mientras que el término Colaboración hace referencia al logro de un objetivo compartiendo las tareas [3]. Algunos autores sostienen que el trabajo Colaborativo es más una meta que una realidad [2].



Así pues, conociendo los orígenes y limitaciones del término CSCW y partiendo de su aceptación, se pueden recopilar las siguientes definiciones de CSCW:

- “Proceso de trabajo en grupo que tiende a un objetivo preciso y aplicaciones concebidas para facilitar este trabajo en grupo” [3].
- “Sistema de herramientas lógicas para facilitar la cooperación de las personas en el trabajo” [3].
- “Cooperación asistida por computador que aumenta el rendimiento de los procesos de comunicación interpersonales” [3].
- “Disciplina científica que describe como desarrollar aplicaciones GW, teniendo también por objeto el estudio teórico y práctico de cómo las personas trabajan en cooperación y cómo afecta el GW al comportamiento del grupo” [3].
- “El CSCW está centrado en el diseño y evaluación de nuevas tecnologías para soportar procesos sociales de trabajo” [4].

## 2. DEFINICIONES DE GROUPWARE

El término GW fue introducido por Johnson-Lenz para hacer referencia a los Sistemas Basados en Computador, más los procesos sociales de grupo. El GW sirve para aumentar la eficacia en tres niveles : Comunicación, Coordinación y Colaboración. El primero es el proceso de intercambio de mensajes en las organizaciones; el segundo es el conjunto de mecanismos del grupo u organización utilizados para establecer un enlace coherente entre las actividades de cada subunidad y el tercero, y a mencionado, hace referencia a lograr un objetivo compartiendo las tareas [3].

En cuanto al GW, se tienen las siguientes definiciones :

- “Cualquier sistema computarizado que soporte grupos de personas comprometidas con un misma meta y que suministra una interfaz para un ambiente compartido” [5].
- “Término que describe los productos comerciales orientados al trabajo en equipo” [4].
- “Es un conjunto de métodos, medios y herramientas que permiten a un grupo mejorar en los niveles de Comunicación, Coordinación y Cooperación” [3].
- “Es un campo de investigación interdisciplinario e innovador que se está convirtiendo cada vez más importante y tiene que ver con la conexión de estaciones de trabajo con redes de comunicación en la búsqueda de las organizaciones de aumentar la efectividad de sus procesos de producción” [6].

## 3. TAXONOMÍA ESPACIO TEMPORAL DEL GROUPWARE

La gran mayoría de autores identifica la manera de descomponer los Sistemas Cooperativos mediante una matriz espacio temporal 2x2 propuesta por Ellis [5]:

|         |                 | TIEMPO                             |                                     |
|---------|-----------------|------------------------------------|-------------------------------------|
|         |                 | Mismo tiempo                       | Diferente tiempo                    |
| ESPACIO | Mismo Lugar     | Interacción Cara - Cara            | Interacción Asíncrona               |
|         | Diferente Lugar | Interacción Sincrónica Distribuída | Interacción Asíncronica Distribuída |

Grudin propone una subdivisión en cuanto al lugar y tiempo diferente introduciendo el término predecible e impredecible, así pues la matriz anterior se convierte en un matriz 3x3. Se ubicarían en las nuevas celdas aplicaciones como el correo electrónico, la escritura colaborativa, los tableros de boletines y



el workflow. Igualmente, otras dimensiones como por ejemplo tamaño de grupo, pueden ser incluidas en la matriz.

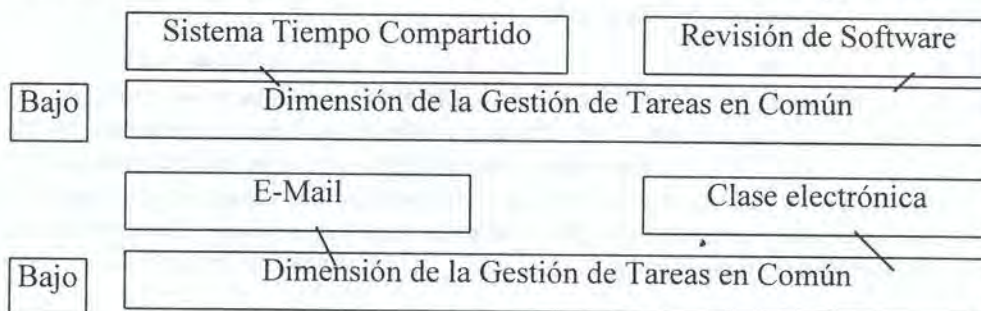
### 3. TIPOS DE APLICACIONES GROUPWARE

Según la taxonomía Espacio Temporal vista en el numeral anterior, se pueden identificar los siguientes tipos de aplicaciones GW [5]:

- *Los de interacción Cara-Cara*, que implican mismo tiempo y mismo lugar. Éstas pueden dividirse en varias categorías : pantalla compartida para explicaciones, Utilidades con respuesta de la audiencia, estaciones de trabajo con envío de texto, entornos de conversación y tormentas de ideas [3]
- *Los de Interacción Asíncrona*, que implican el mismo lugar pero diferente tiempo.
- *Los de interacción Sincrónica Distribuida*, que implica el mismo tiempo pero diferente lugar. Ejemplos de estas aplicaciones son los editores sincrónicos distribuidos, los entornos de trabajo el Chat y la Video Conferencia.
- *Los de interacción Asíncrona Distribuida*, que implican diferente tiempo y diferente lugar. Ejemplos de estas aplicaciones son el correo electrónico, los grupos de noticias (NewsGroups) y Comunidades en Red.

Igualmente, Ellis propone una clasificación según un espectro de dos dimensiones, en donde se pueden ubicar los Sistemas de Alto y de Bajo nivel en dicho espectro [5]

Así pues, si un sistema presenta entornos compartidos o gestión de tareas en común, tiene un grado de acercamiento al GW, el cual mejora según estos dos parámetros se hacen más importantes.



**Figura 1.** Dimensiones del GroupWare según Ellis [3]

Igualmente, según E. Dyson, las aplicaciones de GW pueden clasificarse según su objetivo principal así [3]:

- GW Centrado en el Individuo, el cual gestiona localmente el trabajo de cada individuo en el interior de un grupo.
- GW Centrado en el Documento, el cual vela por la gestión de las tareas encargadas a un documento, su enrutamiento, consulta, actualización, etc.
- GW centrado en el Proceso, el cual controla la conclusión de actividades.

### 4. HERRAMIENTAS DE TRABAJO Y APRENDIZAJE COLABORATIVO

Con referencia a las herramientas de trabajo y aprendizaje colaborativo se pueden citar las siguientes [5]:

- **Sistemas de mensajería.** Soportan el intercambio de mensajes textuales entre grupos de usuarios. Algunos ejemplos de estas herramientas incluyen el correo electrónico o sistemas de boletines de tablero.



- **Editores multi-usuarios.** Son utilizados por los miembros de un grupo para componer o editar un documento. Generalmente un editor multi-usuario permite acceso de lectura de manera concurrente a cualquier segmento del texto, pero solamente una persona puede escribir sobre ese segmento. Algunos ejemplos son : ForComment, Collaborative Editing System (CES), Shared Book y Quilt.
- **Sistemas de Soporte de Decisiones de Grupo y Lugares de Reunión Electrónicos.** Suministran facilidades basadas en computador para la exploración de problemas no estructurados. La meta es mejorar la productividad en la toma de decisiones de los grupos en las reuniones, bien sea mediante la aceleración del proceso de toma de decisiones, o mediante la mejora de la calidad de las decisiones resultantes.
- **Conferencia computarizada.** El computador sirve como medio de comunicación en una gran variedad de formas. En particular, hoy en día permite realizar conferencias en tiempo real, teleconferencias y conferencias de escritorio (Real-time computer conferencing, computer teleconferencing an desktop conferencing respectivamente).
- **Sistemas de Coordinación.** Generalmente permiten a los individuos visualizar sus acciones, al mismo tiempo que permite ver las acciones más relevantes de los otros participantes dentro del contexto de la meta global. Los sistemas de coordinación pueden ser categorizados según el modelo utilizado sea orientador a la forma, al procedimiento, a la conversación o a la estructura de comunicación.

## 5. HERRAMIENTAS COLABORATIVAS

Las herramientas colaborativas permiten implementar esquemas diversos de trabajo en grupo en forma local, remota, sincrónica o asincrónica.

### 5.1. Herramientas Colaborativas de Microsoft :

- **MS Exchange Server.** Es la plataforma de comunicaciones para Bussines-Critical Messaging que permite el más amplio rango de soluciones de colaboración, al igual que provee una plataforma abierta, interoperable y fácil de administrar. MS ES abarca los estándares de internet, soporta el correo electrónico existente, permite a las empresas crear equipos virtuales en una intranet corporativo, se pueden generar grupos de discusión y utilizar bases de conocimiento disponibles a todos y en cualquier lugar para facilitar la colaboración, se pueden configurar bases de conocimiento y servidores para listas de distribución que sean de fácil acceso para sus socios de negocios o clientes.
- **FrontPage 97-98.** Es un editor de proyectos Web que permite generar páginas visulizables con cualquier navegador tradicional, sin necesidad de saber programación en HTML (HyperText Markup Language). Adicionalmente permite administrar los Sitios Web creados permitiéndole al usuario la visualización de cada uno de los nodos (páginas) con sus enlaces respectivos.
- **Internet Explorer.** Es un navegador que permite visualizar sitios Web y páginas cuyo contenido sea escrito en HTML, DHTML, JAVA, JavaScript, entre otros. Actualmente las últimas versiones, han venido integrando el Internet Explorer con el Explorer o antes llamado manejador de archivos del Sistema Operativo Windows.
- **Internet Information Server.** Es el software para administración de información publicada en internet o intranet. Funciona únicamente bajo el sistema Windows NT Server. Pertenece a la familia BackOffice de Microsoft.

## 6. CASO DE ESTUDIO: Curso de Sistemas Inteligentes Avanzados

El curso de sistemas inteligentes avanzados se ofrece a estudiantes de segundo nivel en adelante, de la maestría en ingeniería de sistemas y de especialización en Sistemas como electiva. Los objetivos y el programa detallado del curso se presentan a continuación:



### ♦ Objetivo General

El estudiante al finalizar el curso habrá adquirido conocimientos, destrezas y habilidades suficientes para diseñar, desarrollar y validar sistemas inteligentes avanzados. Adicionalmente, profundizará en los tópicos avanzados de la Inteligencia Artificial, así como aprendizaje colaborativo y groupware.

### ♦ Objetivos Específicos

- Identificar los fundamentos y las técnicas avanzadas de la Inteligencia Artificial, así como las áreas de aplicación.
- Utilizar nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje, tal como Aprendizaje Colaborativo, CSCW (Computer Supported Cooperative Work) y Groupware.
- Aplicar los conceptos aprendidos sobre lenguajes de propósito general (C, C++, LISP, Pascal, Prolog) y/o plataformas de construcción de SBCs (CLIPS, WX\_CLIPS, KES II, M4)

### ♦ Programa Detallado

1. FUNDAMENTOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL AVANZADA Solución de Problemas Complejos utilizando Técnicas Avanzadas de IA. Areas de Estudio y de Aplicación de la IA.
2. FUNDAMENTOS DE APRENDIZAJE COLABORATIVO Y GROUPWARE. Definiciones. Taxonomía espacio-temporal del groupware. Tipos de aplicaciones. Herramientas de trabajo y aprendizaje colaborativo.
3. SISTEMAS INTELIGENTES AVANZADOS (SIA) EN EDUCACIÓN. Definiciones. Arquitecturas de Sistemas Tutoriales Inteligentes
4. SIA PARA EL RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES. Caracterización. Revisión y Análisis de artículos relevantes en el área.
5. SIA PARA PLANIFICIÓN DE ACCIONES EN TIEMPO REAL. Principales enfoques para sistemas de planificación.
6. SIA BASADOS EN AGENTES INTELIGENTES. Principales arquitecturas de sistemas multi-agente. Revisión y Análisis de artículos relevantes en el área.
7. SIA PARA INTERFACES INTELIGENTES.
8. SIA BASADOS EN ALGORITMOS GENÉTICOS
9. SIA BASADOS EN REDES NEURONALES
10. SIA PARA EL PROCESAMIENTO DE LENGUAJE NATURAL
11. SIA UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA

### ♦ Ambiente de Aprendizaje Colaborativo

Para implementar el curso utilizando un modelo de universidad virtual basado en web se requirió inicialmente instalar una INTRANET en el postgrado la cual se llamó "*pisis*" (acrónimo de postgrado en ingeniería de sistemas). Los estudiantes tienen acceso a *pisis* en forma local desde la sala de cómputo del postgrado, o en forma remota a través de una conexión vía el servidor *perseus* de la Sede. Los estudiantes pueden trabajar tanto en forma sincrónica en la sala de cómputo o asincrónica, en forma remota.

Adicionalmente, se hace necesario la instalación de las siguientes herramientas colaborativas:

- Windows NT Server 4.0 (Sistema Operativo del Servidor)
- FrontPage 97-98 (Editor de páginas Web)
- Internet Explorer 4.0 (Navegador de Internet)

También se cuenta con un (1) Servidor y ocho (8) estaciones de trabajo. Éstas últimas únicamente requieren el Navegador de Internet.

Mediante el uso de Internet Explorer, los estudiantes, profesores y monitores pueden visualizar y editar, de forma sencilla páginas Web sobre algún tópico seleccionado, interactuando entre sí en forma de "debate o foro electrónico".



## ♦ Metodología de trabajo

Se escoge entre los alumnos, el coordinador o moderador del tema de estudio (ver programa detallado del curso), el cual prepara una introducción del tópico seleccionado para el trabajo colaborativo, propone un plan de trabajo y lo publica en compañía con el profesor, dando origen a un nuevo foro electrónico. El plan de trabajo consiste de una serie de actividades que deben ser realizadas para lograr los objetivos del tema o unidad instruccional a tratar. Se especifican las fechas de inicio y de cierre del foro y se propone bibliografía, o material de estudio (libros, tesis, incluso software para ser evaluado, etc) que debe ser estudiado por los estudiantes y discutido en la Intranet. Luego de transcurrida una semana y media de aportes y discusiones, el coordinador recopila los aportes más significativos, sintetiza y publica un documento de clausura. Dicho documento de cierre es expuesto y discutido de manera presencial y grupal, en el aula de clases. Finalmente, los estudiantes deben realizar una evaluación por escrito de los demás estudiantes, así como una auto-evaluación de su participación en el foro, ésto con el fin de juzgar con sentido crítico y constructivo la actividad de aprendizaje colaborativo realizada, así como la manera de mejorar su trabajo en los siguientes foros. En la medida en que el trabajo individual es completo el aprendizaje grupal se incrementa.

Con el fin de ilustrar el uso de este ambiente colaborativo, examinemos la secuencia de actividades que deben ser realizadas:

- Iniciar el Explorador
- Conectarse a la Intranet del Postgrado, para tal fin digitar la URL <http://pisis/sia/>.
- Seleccionar alguna de las opciones, las cuales determinan el tópico a debatir : “Sistemas Tutoriales Inteligentes”, por ejemplo.
- En la pantalla aparecen los temas publicados y una explicación de cómo publicar, leer y consultar. Ahora bien, existen dos posibilidades: publicar un nuevo comentario, o responder a un comentario hecho por alguien más.

Basta pues con ingresar la información requerida y luego presionar el botón de Publicar artículo. En el segundo caso (cuando se desea responder), la interfaz generada es similar, con la diferencia que aparece algún texto por defecto en el espacio destinado para asunto (RE: Sistemas Tutoriales, por ejemplo).

Una vez enviado el artículo (nuevo, o respuesta de uno anterior) aparecerá un mensaje de confirmación de publicación y estará disponible para los otros participantes del foro electrónico. En el artículo publicado por un estudiante, se puede observar que es posible conocer información como: autor, fecha y lugar de envío, lo cual representa una ganancia en conocimientos para los demás estudiantes, así como para el profesor en lo que respecta a la evaluación de la asignatura.

## 7. CONCLUSIONES

Con la aplicación de esta metodología, de aprendizaje colaborativo basado en la web, se ha observado un aumento en la participación de los estudiantes en cada uno de los temas del curso, comparado con la metodología tradicional en la cual debido a que sólo un estudiante preparaba un tema, no se lograba una buena interactividad. Se ha incrementado la autonomía en el trabajo, debido a que cada estudiante debe hacer aportes innovadores al trabajo en grupo, pero al mismo tiempo se ha incrementado el trabajo en grupo, pues los aportes deben ser relevantes y complementarios más que repetitivos. En la medida en que el trabajo individual es completo el aprendizaje del grupo se incrementa.

De otra parte, se han minimizado las barreras de tiempo y espacio, ya que cualquier estudiante puede hacer los aportes al foro electrónico en forma remota y asincrónica, desde su casa o lugar de trabajo y a la hora que considere mas conveniente.

Adicionalmente, se ha logrado una integración del grupo de estudiantes que ha permitido el trabajo cooperativo y colaborativo en la búsqueda de los objetivos tanto generales como específicos de la



asignatura. Finalmente, se ha fortalecido la capacidad de aporte crítico de cada uno de los estudiantes, al mismo tiempo que se ha fomentado la auto-evaluación del trabajo de cada uno de los participantes en el foro electrónico. Todo lo anterior propende por un mejoramiento en el aprendizaje.

## 8. REFERENCIAS

- [1] GRUDIN, Jonathen. Computer-Supported Cooperative Work : History and Focus. IEEE, 1994.
- [2] PALMER, James D. Computer-Supported Cooperative Work. IEEE, 1994.
- [3] ORTEGA, Manuel & BRAVO, J. Groupware y Computer-Supported Collaborativ Learning, 1998.
- [4] SHNEIDERMAN, Ben. Designing the User Interface. Ed. Addison-Wesley, 1998. Pp. 476-507.
- [5] ELLIS, C. A., GIBBS, S. J. & REIN, G. L. GroupWare some Issues and Experiences, 1991.
- [6] WEBER, Michael. CSCW Tools : Concepts and Architectures. IEEE, 1994.



# CONSTRUCCION DE UN MODELO DE AUTORREGULACION PARA PLANES DE ESTUDIO DE INGENIERIA

Norma Lucía Botero Muñoz - Universidad Nacional de Colombia

## RESUMEN

El Comité de Directores de Programas Curriculares de la Facultad de Minas bajo la coordinación de la profesora Botero y tomando como marco de referencia el Acuerdo 14 de 1990 del Consejo Académico de la Universidad Nacional de Colombia, desde el año de 1997, ha estado implementando una metodología de trabajo para la construcción de un **SISTEMA DE AUTOEVALUACION DIAGNOSTICA** o de **AUTORREGULACION**. Este sistema, teniendo en cuenta: La identificación de **VARIABLES**, la definición de **INDICADORES** y la generación de **INDICES**, debe permitir la implementación y seguimiento de un proceso de **MEJORAMIENTO CONTINUO** en los planes de estudio de los programas de pregrado en Ingeniería de la Facultad:

|                                                                                                                                                   |                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| INGENIERIA ADMINISTRATIVA<br>INGENIERIA CIVIL<br>INGENIERIA DE CONTROLES<br>INGENIERIA ELECTRICA<br>INGENIERIA GEOLOGICA<br>INGENIERIA INDUSTRIAL | INGENIERIA MECANICA<br>INGENIERIA DE MINAS<br>INGENIERIA DE PETROLEOS<br>INGENIERIA QUIMICA<br>INGENIERIA DE SISTEMAS |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 1. METODOLOGIA

Por medio de conferencias magistrales, talleres presenciales, sesiones de grupo y reuniones de equipo, en el día a día el Comité de Programas Curriculares de Pregrado, ha venido consolidando este sistema de autorregulación. En resumen se ha logrado lo siguiente:

- Descongelamiento del Comité de Directores de Programas Curriculares y consolidación de un Equipo de Trabajo.
- Identificación de áreas de eficacia.
- Capacitación y manejo de herramientas fundamentales para la identificación de **VARIABLES** (tormenta de ideas, matriz importancia-dominio, matriz importancia- voluntad, estereotipos, árbol de competencias, etc.).



- Capacitación y manejo de herramientas estadísticas para la identificación de **INDICADORES** de las variables (escalas de medida, puntualización, frecuencia, proporción, probabilidad, participación, medidas de asociación, coeficiente de correlación de rango, coeficiente de correlación, coeficiente de concordancia, etc.).
- Capacitación y manejo de herramientas para la generación de **INDICES** para los indicadores (logro, latencia, comportamiento, relaciones, consenso, etc.).
- Capacitación y manejo de herramientas para la evaluación del **MEJORAMIENTO CONTINUO** (diagrama de Pareto, diagrama Causa-Efecto, priorización, índices de concordancia, evaluación del “gap” estratégico, etc.)
- Evaluación de resultados obtenidos.

| SESIONES<br>Y<br>MODALIDAD                                                                                                                                      | RESULTADOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1-2-3-4</b><br>Descongelamiento de la comunicación entre los miembros del Comité y la coordinadora<br><br><b>CONFERENCIA MAGISTRAL<br/>TALLER PRESENCIAL</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puntualización de las funciones de las funciones del director y del comité asesor de carrera (tomando como marco de referencia el Estatuto Orgánico de la U.N. de Colombia)</li> <li>• Puntualización de las tareas y relaciones del Clima Humanístico (clima eficaz en instituciones educativas)</li> <li>• Puntualización sobre los efectos de los niveles de congelamiento de la Facultad sobre los resultados de los comités asesores de carrera (comunicación, habilidad para abordar el cambio, eficacia, responsabilidad y autoridad).</li> <li>• Aplicación de los conceptos de puntualización.</li> </ul> |
| <b>5-6-7</b><br>Áreas de Eficacia<br><br><b>TALLER PRESENCIAL</b>                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de las causas de congelamiento de los comités asesores de carrera, a partir de: Tormenta de ideas, diagrama de Pareto y diagrama Causa-Efecto.</li> <li>• Identificación, priorización y secuenciación de las Áreas de Eficacia del Comité de Directores de Programas Curriculares de Pregrado.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>8-9</b><br>Autorregulación<br><br><b>TALLER PRESENCIAL</b>                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de la matriz de Índice de Apertura entre los diferentes programas de pregrado en Ingeniería.</li> <li>• Construcción de índices de pertinencia entre los T.D.G. y las áreas profesionales del plan de estudios.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>10</b><br>Retroalimentación<br><br><b>REUNION DE ESTRATEGIA<br/>CORPORATIVA</b>                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de la metodología utilizada.</li> <li>• Se decide continuar con el proceso de autorregulación en la forma como se ha venido desarrollando.</li> <li>• Planteamiento de la necesidad de realizar cursos de capacitación en Estadística.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>11-12-13</b><br>Autorregulación<br><br><b>CONFERENCIA MAGISTRAL<br/>TALLER PRESENCIAL</b>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación orientada a la generación de índices para la autorregulación del programa curricular.</li> <li>• Aplicación de conceptos de: Frecuencia, proporción, participación y probabilidad.</li> <li>• Aplicación de conceptos de: Asociación y coeficiente de contingencia.</li> <li>• Aplicación de conceptos de: Concordancia (coeficiente de correlación de rango de Spearman), y de consenso (coeficiente de correlación de rango de Kendall-W).</li> </ul>                                                                                                                                               |
| <b>14-15</b><br>Autorregulación<br><br><b>CONFERENCIA MAGISTRAL<br/>TALLER PRESENCIAL<br/>SESION DE GRUPO</b>                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación Prospectiva del Perfil del Ingeniero egresado de la Facultad de Minas en el año 2005.</li> <li>• Identificación inicial de las áreas de formación básica en ingeniería.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## 2. RESULTADOS

A partir de la metodología utilizada a continuación se presentan tres tipos de resultados obtenidos: Identificación, priorización y secuenciación de las áreas de eficacia, aspectos de cambio en el proceso de formación del ingeniero e identificación inicial de las áreas de formación básica en ingeniería.



## 2.1 Identificación, Priorización y Secuenciación de las Areas de Eficacia según el Comité de Directores de Programas Curriculares de Pregrado.

A un nivel de confianza del 95% a partir de un test de CONCORDANCIA DE KENDALL-W. Se verificó que existía consenso entre los miembros del Comité, tanto en la priorización como en la secuenciación de las áreas de eficacia. A partir de esta secuenciación se definió un cronograma tentativo para construir una metodología de trabajo que permitiera lograr un MEJORAMIENTO CONTINUO en cada una de las áreas y generar los respectivos **Indicadores de Gestión**, con el fin de medir el desarrollo de las mismas.

| AREA | DESCRIPCION                                                                                                                                                                                                                                 | PRIORIDAD | SECUENCIA |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| 1    | Autoevaluación permanente del programa curricular                                                                                                                                                                                           | 1         | 1         |
| 2    | Actualización y modernización del plan de estudios                                                                                                                                                                                          | 2         | 5         |
| 3    | Promoción de la carrera. Establecer programas de mercadeo para la materia prima (aspirantes) y para el producto (egresados)                                                                                                                 | 5         | 4         |
| 4    | Atención ágil y oportuna de los casos estudiantiles                                                                                                                                                                                         | 4         | 2         |
| 5    | Establecer relaciones de información e intercambio con programas similares en el país y en el extranjero. Establecer relaciones con la industria y con el egresado. Establecer programas de cooperación o de perspectiva multidisciplinaria | 6         | 7         |
| 6    | Guiar y orientar el trabajo académico del programa curricular para lograr excelencia profesional                                                                                                                                            | 3         | 3         |
| 7    | Verificar los requerimientos de la sociedad y la industria en cada área del conocimiento                                                                                                                                                    | 7         | 6         |
| 8    | Confrontar el programa con estándares nacionales e internacionales                                                                                                                                                                          | 8         | 8         |

## 2.2 Aspectos de Cambio en el Proceso de Formación del Ingeniero.

Dentro del marco del taller presencial que realizó el Comité, se utilizó el principio de árbol de competencia con el fin de que el equipo de trabajo tuviera una visualización prospectiva sobre el perfil del ingeniero que requerirá Colombia en los próximos cinco años.



Para la construcción del árbol se tuvo en cuenta los siguientes contenidos:

| <b>PARTES</b>                                              | <b>CONTENIDOS</b>                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>RAMAS Y FRUTOS</b><br><i>(PERTINENTES Y COHERENTES)</i> | CUALIDADES, VALORES, DESTREZAS Y CAPACIDADES DEL ESTUDIANTE. MERCADOS O ENTORNO DENTRO DE LOS CUALES SE VA A MOVILIZAR COMO PARTE DEL MERCADO LABORAL. |
| <b>TRONCO</b><br><i>(TRANSPARENTE)</i>                     | INFRAESTRUCTURA, NORMATIVIDAD, INTENSIDAD HORARIA, PEDAGOGÍAS, METODOLOGÍAS, TIPOS DE DOCENTES, ETC.                                                   |
| <b>RAICES</b><br><i>(COHERENTES Y VEROSIMILES)</i>         | AREAS DEL CONOCIMIENTO QUE BRINDA LA INSTITUCION Y NORMATIVIDAD COMO MARCO DE REFERENCIA PARA EL DESARROLLO DEL PLAN DE ESTUDIOS.                      |

En Sesión de Grupo, el Comité de Directores de Programas Curriculares de Pregrado de la Facultad de Minas consideró que el ingeniero egresado en cinco años debe tener una formación que le permita enfrentarse a:

**CAMBIOS ECONOMICOS**

**CAMBIOS SOCIALES**

**CAMBIOS TECNOLOGICOS**

**CAMBIOS POLITICOS**

**CAMBIOS CULTURALES**

Cada uno de los miembros del Comité de Directores de Programas Curricularse elaboró su propia lista de cambios según tipo (tecnológicos, económicos, sociales, políticos y culturales), identificándolos según nivel en : Presentidos (P), deseados (D) y temidos (T). Luego los miembros del Comité conformaron cinco grupos de trabajo y cada grupo se encargó de clasificar y priorizar (según el número de veces que aparecía el cambio) los cambios de cada tipo. Luego en Sesión de Grupo se hizo una consolidación de los tipos de cambios consolidándolos en dos clases, así:

CLASE 1 : Económicos – Sociales – Políticos – Culturales

CLASE 2. : Tecnológicos.

Dando como resultado final las siguientes condiciones de cambio, las cuales debían ser tenidas en cuenta para efectuar modificaciones, tanto en la raíz como en el tronco, en el proceso de formación del Ingeniero (ramas – frutos), que requerirá Colombia en los próximos cinco años:



| ASPECTOS | DESCRIPCION                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A        | Estar en capacidad de enfrentar cambios políticos fuertes.                                                                                                                                                                                                                                               |
| B        | Tener un programa de capacitación que permita la formación de líderes de gran rectitud para que sean ellos quienes se apersonen de la construcción de una sociedad más justa y equitativa.                                                                                                               |
| C        | Brindar una formación que capacite al estudiante en el buen uso y manejo del tiempo libre.                                                                                                                                                                                                               |
| D        | Brindar una buena formación en aspectos macroeconómicos.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| E        | Brindar una formación y ambiente universitario que permita la recuperación de la identidad cultural nacional.                                                                                                                                                                                            |
| F        | Apoyar todos aquellos programas que permitan la formación de ciudadanos dentro de un ambiente de civilidad, paz y tolerancia.                                                                                                                                                                            |
| G        | Desarrollar en el individuo, por medio de metodologías innovadoras, una gran capacidad para abordar los cambios con flexibilidad y actualización permanente.                                                                                                                                             |
| H        | Implementar metodologías que refuercen la capacidad de abstracción del individuo.                                                                                                                                                                                                                        |
| I        | Brindar una formación que facilite al estudiante acceder a las aplicaciones de la informática y medios de comunicación, adaptarse fácilmente a los cambios en los procesos de enseñanza y la variación en los ritmos de productividad (internet, teleconferencias, telecomunicaciones, telemática, etc). |
| J        | Impulsar en el estudiante la interdisciplinariedad tecnológica y la búsqueda de la integralidad.                                                                                                                                                                                                         |
| K        | Brindar una formación al estudiante de tal manera que tanto desde su campo disciplinario como profesional esté en capacidad de dar solución a problemas ambientales.                                                                                                                                     |
| L        | Brindar una formación en el estudiante en su campo disciplinario de tal manera que pueda estar en capacidad de enfrentar el desarrollo de procesos de control y automatización en su campo profesional.                                                                                                  |
| M        | Capacitar al estudiante para enfrentar los aspectos que puedan modificar el entorno debido al desarrollo de la biotecnología y cambios de hábitos alimenticios.                                                                                                                                          |

Gráficamente se puede representar sobre un plano los aspectos de cambio, según las coordenadas (X, Y), teniendo en cuenta:

- X : Nivel de dominio que se tiene sobre el aspecto de cambio. Este nivel se puede hallar a partir de una escala ordinal de menor a mayor.
- Y : Nivel de importancia del aspecto de cambio. Este nivel se puede hallar a partir de una escala ordinal de menor a mayor.

Esta representación gráfica recibe el nombre de Matriz Importancia – Dominio. En esta matriz se distinguen cuatro zonas. Esta metodología fue aplicada a aquellos aspectos de cambios que tenían efectos tantos sobre la raíz como en el tronco, por lo tanto, los aspectos **L**, **M** y **D** no se tuvieron en cuenta.

Utilizando el test de concordancia de Kendall-W, los miembros del Comité llegaron a un consenso sobre la importancia de los aspectos de cambio y el nivel de dominio que se tenía sobre los mismos. Adicionalmente, se generó un cambio de escala con el objeto de que el ordenamiento fuera de 0 a 9, también se permitieron LIGAS. A continuación se presentan los resultados obtenidos.



|                 |                                                                                                               |                                  |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>ZONA I</b>   | Cambios importantes bien controlados                                                                          | <b>K</b><br><b>J</b>             |
| <b>ZONA II</b>  | Cambios poco importantes que se controlan, es sin duda aquello de lo que se habla demasiado (puntos fuertes). | <b>C</b><br><b>H</b>             |
| <b>ZONA III</b> | Cambios críticos, retos futuros, cambios sobre los cuales no se tiene dominio actualmente                     | <b>G</b><br><b>F</b><br><b>B</b> |
| <b>ZONA IV</b>  | Cambios poco importantes que no se dominan, no es grave (puntos débiles no culpables).                        | <b>A</b><br><b>E</b>             |

### 2.3. Identificación Inicial de las Areas de Formación Básica en Ingeniería

| <b>AREAS</b>                     | <b>TOPICOS O ASIGNATURAS</b>                                            |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Matemáticas Operativas</b>    | Algebra, Trigonometría, Cálculo                                         |
| <b>Análisis Matemático</b>       | Lógica, Teoría de Conjuntos                                             |
| <b>Geometría</b>                 | Euclidiana, Analítica, Descriptiva, del espacio                         |
| <b>Dibujo</b>                    | Descriptivo, Asistido por Computadora.<br>Perspectiva, Espacial, Grafos |
| <b>Análisis Vectorial</b>        | Algebra Lineal, Programación Lineal, Geometría Vectorial                |
| <b>Física</b>                    | Cinética, Dinámica, Estática, Electrodinámica, Ondas                    |
| <b>Algoritmos y Programación</b> | Modelamiento                                                            |
| <b>Materiales</b>                | Ciencia de los Materiales, Resistencia de Materiales.                   |
| <b>Fluidos</b>                   | Medio Continuo                                                          |
| <b>Química</b>                   | Orgánica, Inorgánica.                                                   |
| <b>Termodinámica</b>             | Leyes de la Termodinámica                                               |
| <b>Estadística</b>               | Descriptiva, Inferencial, Modelamiento.                                 |
| <b>Economía</b>                  | Macro, Micro                                                            |
| <b>Formación de Ciudadanos</b>   | Formación de Ciudadanos                                                 |
| <b>Idiomas</b>                   | Lengua Materna e Idioma Extranjero                                      |

### 3. BIBLIOGRAFIA

- ⇒ BOTERO, Norma Lucía, "TECNICAS DE EVALUACION DEL DESEMPEÑO CON MIRAS A ORIENTAR LA ORGANIZACION HACIA LOS RESULTADOS", Trabajo de Promoción a Profesora Titular, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 1997.
- ⇒ DANIELS, Aubrey C., "PERFORMANCE MANAGEMENT", Performance Management Publications, 1989.
- ⇒ REDDIN, Bill, "LA ORGANIZACION ORIENTADA AL RESULTADO", Ediciones Paidós, 1994.
- ⇒ SIEGEL, Sidney, "ESTADISTICA NO PARAMETRICA, Aplicad a las Ciencias de la Conducta", Editorial Trillas, 1972.



# **LAS PRIORIDADES INVESTIGATIVAS EN INGENIERÍA MECÁNICA: UN ESTUDIO PROSPECTIVO EN ANTIOQUIA**

**IM. Carlos Alberto Builes Restrepo**  
**IM. Jorge Alonso Manrique Henao**  
**IM. PhD. Jorge Robledo Velásquez**  
**Universidad Pontificia Bolivariana**  
**Medellín - Colombia**

## **RESUMEN**

El estudio que se presenta en este artículo fue motivado por dos hechos fundamentales:

- En primer lugar, la adopción, por parte de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, de un modelo novedoso de enseñanza en ingeniería basado en la actividad de los grupos de investigación. Este modelo se caracteriza porque los miembros del grupo se constituyen en los docentes y líderes de todos los procesos académicos de la Facultad. Entre estos procesos se pueden mencionar: la actualización de los cursos y laboratorios, la extensión fortalecida por los procesos investigativos, la cualificación al más alto nivel de los miembros del grupo, el establecimiento de relaciones fluidas con pares nacionales e internacionales, y la iniciación de los estudiantes en las actividades investigativas.
- En segundo lugar, el hecho de que los recursos destinados a la investigación son cada vez más escasos y competidos, lo que obliga a establecer criterios de asignación que remiten necesariamente a las prioridades regionales en materia investigativa, prioridades que en el caso antioqueño no habían sido claramente establecidas.

Las anteriores circunstancias motivaron que, dentro del proceso de planeación estratégica de la citada Facultad, y con el apoyo del Grupo de Política y Gestión Tecnológica de la UPB, se desarrollase un proyecto que condujera a la priorización regional de los temas de investigación en ingeniería mecánica, posibilitando de esta forma orientar el desarrollo de la Facultad en el largo plazo. Lo anterior con el fin de crear y fortalecer los grupos de investigación y la infraestructura tecnológica de apoyo a la docencia, la investigación y la extensión.

Para la priorización de los temas de investigación se adoptó el método Delphi, que busca construir un consenso de expertos en torno a determinados asuntos mediante un proceso iterativo



de discusión. En el presente caso, el ejercicio se realizó en tres rondas de consulta a los miembros del panel, lo cual permitió llegar a un grado razonable de consenso.

El proyecto dio como resultados: la priorización de los temas de ingeniería mecánica de interés para la región en un horizonte de largo plazo, y un desarrollo metodológico que se analiza en el trabajo, con sus fortalezas y debilidades. Se incluye también una discusión sobre los logros alcanzados y sobre las limitaciones de los resultados finales del ejercicio.

## **OBJETIVOS PRINCIPALES DEL ESTUDIO**

Los objetivos son básicamente dos: el primero se refiere a la inquietud de fondo que se desea responder en el estudio; el segundo es de carácter metodológico:

- Definir los temas de investigación en el ámbito de la ingeniería mecánica, a los cuales la región deberá dar un tratamiento prioritario para su desarrollo (hacia el año 2010) de forma que los esfuerzos y la inversión realizados alcancen en el largo plazo el mayor beneficio social y económico posible.
- Diseñar y probar una metodología que permita hacer un estudio prospectivo en nuestro medio, con las características del objetivo anterior, y que sirva de modelo para otras facultades de ingeniería. Igualmente, la metodología servirá para realizar futuras consultas que apoyen la toma de decisiones estratégicas de la Facultad.

## **METODOLOGÍA**

La metodología usada en el presente estudio corresponde al método Delphi, el cual se fundamenta en la consulta a un panel de expertos que, a través de una discusión dirigida y anónima, busca llegar a un consenso sobre determinado tema.

El método Delphi fue seleccionado entre una gama de métodos prospectivos por ser uno de los métodos pioneros y base de otros métodos, y por su exitosa utilización a nivel mundial en el campo educativo.

La metodología usada se desarrolló en las siguientes fases:

### **Preliminares**

El equipo de investigadores se dio a la tarea de reunir la información requerida para el estudio del tema, la cual cubrió los siguientes aspectos: el estado del arte de la investigación en destacadas facultades de ingeniería mecánica del mundo y de Colombia; la revisión de publicaciones y textos de prestigio en ingeniería mecánica; la historia del desarrollo industrial de la región; la consulta de modelos de desarrollo industrial en otras regiones (Asia, América Latina, Europa); el estudio de los métodos prospectivos; y el análisis de varios estudios prospectivos realizados en otros países y en Colombia.

Un segundo paso fue conformar el panel de expertos (integrado finalmente por 70 personas), es decir, personas que poseían un alto grado de conocimientos sobre el tema de estudio, y cuya calidad se evidenciaba por su reconocida experiencia profesional e investigativa, las



publicaciones, la participación en seminarios y encuentros internacionales y por reconocimiento expresado por otros expertos.

Lograr una integración del panel por miembros que dominaran todas las áreas medulares de la ingeniería mecánica (las cuales se presentarán más adelante) era difícil; sin embargo, se logró conseguir un número equilibrado de panelistas que fueran autoridad en al menos una de las áreas. Varios miembros eran expertos en dos, tres y hasta cuatro áreas.

También se buscó en la composición del panel que estuviera conformado por igual número de representantes del sector académico, industrial y del gobierno. Lo anterior no fue completamente posible, pues hay pocos ingenieros mecánicos expertos de la región trabajando en el sector gubernamental; no obstante, la gran mayoría de panelistas han desempeñado cargos en el sector público y/o privado; o al menos han intervenido en trabajos de licitación oficial.

### **Primer Cuestionario**

Para la elaboración de este cuestionario los miembros del equipo investigativo realizaron una búsqueda por Internet sobre los temas y proyectos de investigación desarrollados actualmente en el mundo para la ingeniería mecánica y que se estimó seguirán vigentes durante 15 años (base temporal del estudio prospectivo). Esta búsqueda se llevó a cabo en las facultades de ingeniería mecánica y afines, y en centros de investigación de prestigio mundial. La búsqueda abarcó a los Estados Unidos, Canadá, Brasil, Chile, México, Argentina, España, Alemania, Japón y China. Adicionalmente se procedió a la revisión de los contenidos de revistas y textos de reconocimiento en ingeniería mecánica.

Una vez analizada toda esta información se procedió a clasificarla en áreas, temas y subtemas de investigación. Como resultado, se identificaron tres conjuntos de áreas, a saber: un conjunto de áreas de investigación básica (ciencias básicas y ciencias básicas de la ingeniería); otro de ciencias complementarias; y otro de áreas medulares (materiales, de procesos de manufactura, de energía y de diseño de sistemas técnicos). Estas últimas se convirtieron finalmente en el centro de atención del ejercicio Delphi, pues diferenciaban perfectamente la profesión de ingeniería mecánica de las demás ingenierías. En cada una de estas áreas se definieron temas y subtemas de investigación que agrupaban cientos de proyectos.

El cuestionario presentado a los expertos constó de cuatro páginas. En la primera página aparece el panorama investigativo para la ingeniería mecánica en el mundo. En las páginas restantes se presenta cada una de las áreas medulares, mencionadas anteriormente, desglosadas en temas y subtemas de investigación. El cuestionario se diseñó con el propósito de identificar los subtemas prioritarios de investigación en cada una de las áreas medulares de la ingeniería mecánica.

El cuestionario diseñado fue sometido a un proceso de refinamiento con cuatro expertos, uno en cada área medular, los cuales complementaron y corrigieron las clasificaciones y terminologías de los temas y subtemas presentados en el instrumento de recolección de información. También el instrumento se sometió a una prueba piloto por parte de algunos expertos que tenían un conocimiento integral de las cuatro áreas medulares, con el fin de depurar aun más el instrumento y medir tiempos de respuesta. La duración de esta fase fue de tres meses.

### **Primera Ronda**

El cuestionario elaborado presenta en su primera página una clasificación del universo de áreas pertinentes a la ingeniería mecánica. Cada una de las cuatro áreas medulares de la ingeniería mecánica se desagrega en temas y subtemas en las páginas interiores del cuestionario, los cuales



consideran aspectos tanto teóricos como aplicados. La clasificación adoptada es una de las alternativas posibles de clasificación. Es, sin embargo, una clasificación que se fundamenta en criterios ampliamente aceptados y que, para efectos del presente ejercicio, fue cuidadosamente examinada con varios expertos y no admitió modificaciones adicionales por parte de los panelistas.

El cuestionario se envió a los expertos y se les solicitó calificar la prioridad que debía darse a cada uno de los subtemas de investigación señalados, haciendo énfasis en la importancia que tendría, para el desarrollo de Antioquia en un horizonte de 15 años, la acumulación de capacidades investigativas en el subtema respectivo.

Como resultado de esta ronda (45 respuestas de 70 posibles) se obtuvo un grupo de subtemas que fueron identificados como 'prioritarios' por la mayoría de los participantes. Para hacer esta selección se tuvieron en cuenta los subtemas cuya calificación modal fue de 4 ó 5 (en la escala 5: alta prioridad, a 0: ninguna prioridad ; y N para los subtemas que los expertos no conocían/no sabían responder), y que además obtuvieron un porcentaje de consenso mayor al 40% (definido como la frecuencia modal sobre la frecuencia total por 100).

Un segundo conjunto de subtemas fue clasificado en la categoría de 'grupo de discusión', pues a pesar de que su calificación presentaba una moda estadística de 4 ó 5, su porcentaje de consenso era inferior al 40%. En un tercer grupo se incluyeron todos aquellos subtemas con calificaciones menores de 4 para cualquier porcentaje de consenso. A este grupo se le catalogó como 'subtemas no prioritarios'.

### **Segunda Ronda**

Con base en los resultados de la primera ronda, se elaboró el segundo cuestionario, el cual tuvo por objetivo principal obtener los argumentos que permitirían posteriormente el proceso de análisis de los expertos. El cuestionario tenía dos columnas por cada área medular de investigación: una con los subtemas prioritarios y otra con los subtemas en discusión, como se definieron en los párrafos anteriores.

Los participantes debían intercambiar subtemas entre las columnas, permitiendo ingresar a los prioritarios algunos subtemas en discusión (definidos para cada área), y sacando de la columna de prioritarios los que en realidad no lo fueran. En ambos casos, el cambio debía sustentarse con una argumentación válida según los conocimientos del experto (el diseño del cuestionario tenía zonas delimitadas para el efecto).

El envío y la recopilación de las encuestas demoró esta vez alrededor de dos meses, y el número de respuestas recibidas fue de 38 (54%).

### **Tercera Ronda**

Todos los argumentos que se recibieron en la segunda ronda fueron corregidos en su redacción y organizados (para cada área medular) en dos grupos, denominados como:

- Argumentos que sustentaban la exclusión de los subtemas considerados como 'prioritarios'.
- Argumentos que sustentaban la inclusión de subtemas considerados 'en discusión' al grupo de 'prioritarios'.

Con base en estos argumentos, se procedió a la elaboración del último cuestionario que tenía como objetivo final seleccionar los temas prioritarios .



El envío y recopilación de las encuestas demoró alrededor de dos meses y el número de respuestas permaneció constante en relación con los de la segunda ronda. Vale la pena notar que algunos panelistas que respondieron la segunda ronda no lo hicieron en la tercera; sin embargo, esto no hizo disminuir el número de participantes, pues se tuvo la precaución de enviar los resultados de la segunda ronda y el tercer cuestionario a todas las personas que respondieron positivamente el primer cuestionario (45 personas en total).

Los resultados de la tercera ronda se presentan en la Tabla 1. El equipo investigador eligió para cada una de las áreas medulares los subtemas que alcanzaron un consenso superior al 60%.

## RESULTADOS

**Tabla 1.** Subtemas prioritarios de investigación.

| <b>AREA DE MATERIALES</b>                       |  | <b>AREA DE ENERGÍA</b>                         |  |
|-------------------------------------------------|--|------------------------------------------------|--|
| <b>Subtemas</b>                                 |  | <b>Subtemas</b>                                |  |
| Termoestables                                   |  | Emisiones de contaminantes                     |  |
| Termoplásticos                                  |  | Energías alternativas                          |  |
| Producción Limpia                               |  | Nuevas tecnologías                             |  |
| Aceros                                          |  | Optimización de planta                         |  |
| Fundiciones                                     |  | Tecnología de combustores                      |  |
| Nuevas Tecnologías para metales ferrosos        |  |                                                |  |
| <b>AREA DE PROCESOS DE MANUFACTURA</b>          |  | <b>AREA DE DISEÑO DE SISTEMAS TÉCNICOS</b>     |  |
| <b>Subtemas</b>                                 |  | <b>Subtemas</b>                                |  |
| CAD, CAM, CAPP, CAE, CIM, FMS, RP               |  | Máquinas y mecanismos hidráulicos y neumáticos |  |
| Procesos de endurecimiento                      |  | Equipos térmicos                               |  |
| Metrología                                      |  | Maquinaria y equipos de transporte             |  |
| Soldadura y corte                               |  | Maquinaria y equipos agroindustriales          |  |
| Procesos de maquinado                           |  | Instrumentos de medición y control             |  |
| Mantenimiento                                   |  | Metodología de diseño                          |  |
| Tratamientos superficiales selectivos del acero |  | Bioingeniería                                  |  |
| Capacidad de procesos y control de calidad      |  |                                                |  |
| Procesos de ensamble                            |  |                                                |  |

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología Delphi es una herramienta útil para definir los temas de investigación en el ámbito de la ingeniería mecánica, a los cuales la región deberá dar un tratamiento prioritario para su desarrollo (hacia el año 2010), de forma que los esfuerzos y la inversión realizados alcancen en el largo plazo el mayor beneficio social y económico posible.



Esta metodología debe interpretarse como una técnica orientadora, que en ningún momento remplazará la decisión de un comité.

Los resultados obtenidos pueden constituirse en una guía para los procesos de planeación de las facultades de ingeniería mecánica de la región e invitan a un trabajo en equipo, uniendo esfuerzos y recursos, con el fin de lograr el desarrollo de las capacidades investigativas de Antioquia y el fortalecimiento de sus grupos de investigación.

El ejercicio Delphi realizado puede complementarse con otros métodos prospectivos, destacándose la prospectiva estratégica propuesta por Gabiña en su obra "El futuro revisitado", buscando con esto la creación de los escenarios deseados, que permitan tomar las decisiones estratégicas para lograrlos.

Las limitaciones principales que pueden presentarse en un estudio como el realizado pueden resumirse en aspectos tales como: la dificultad en integrar un panel adecuado para el ejercicio; la fatiga que se produce en los miembros del panel, lo cual se ve reflejado, por ejemplo, en la demora del diligenciamiento de los cuestionarios; la relación beneficio - costo, pregunta complicada de resolver en un estudio de esta naturaleza; la reproducción de los resultados, que podrían variar si se consultara el mismo panel de expertos en un futuro cercano; y, finalmente, la duración del estudio (mínimo un año).

No obstante estas limitaciones, presentes en variadas formas en los métodos prospectivos, los autores piensan que es mejor anticiparse al futuro y empezar a construirlo desde ahora.

## BIBLIOGRAFÍA

1. GODET, Michel y Gabiña Juanjo. La Caja de Herramientas de la Prospectiva Estratégica. Cuadernos de LIPS, Laboratoire d'Investigation Prospective et Stratégique, 1996. París. 101p.
2. BALARAMAN, Shakuntala and Venkatakrishnan K. Identifying Engineerin Education Goals and Priorities for the Future: an experiment with the Delphi Technique. Higher Education Núm 9. 1980. Amsterdam. Pág 53-67.
3. ACOFI - ICFES. Actualización y modernización del currículo en Ingeniería Mecánica. Documento final. 1996. Santafé de Bogotá, D.C. Septiembre, 46p.
4. MOJICA, Sastoque Francisco. La prospectiva. Técnicas para visualizar el futuro. Legis, 1991. Santafé de Bogotá, 144p.
5. ROBLEDO, Velásquez Jorge. La investigación en ingeniería en el contexto programático actual del sistema nacional de Ciencia y Tecnología. Grupo de Política y Gestión Tecnológica, Escuela de Formación Avanzada, Universidad Pontificia Bolivariana. Noviembre 1998 Medellín. 15 p.
6. KONOW, Irene y PÉREZ Gonzalo. "Métodos y Técnicas de investigación Prospectiva para la toma de Decisiones". Ed. Fundación de Estudios Prospectivos (FUNTURO). 1990. U. de Chile.



# **FORMACION PEDAGOGICA DEL PROFESOR UNIVERSITARIO**

**Luz Angela\* Gómez Hincapié**  
**Facultad de Ciencias de la Educación**  
**Universidad Tecnológica de Pereira**  
**\*langela@utp.edu.co**

**Luz Mary Espinosa de Angulo**  
**Facultad de Ciencias de la Educación**  
**Universidad Tecnológica de Pereira**

## **RESUMEN**

Dentro del Proyecto Educativo Institucional de la Universidad Tecnológica de Pereira -UTP, se consideró como Objetivo No. 1 del plan de desarrollo institucional el desarrollo de un proceso de reforma académica conducente a la modernización pedagógica y curricular. Dentro de las acciones tendientes a dar respuesta a esta modernización pedagógica la universidad ha ofrecido, inicialmente, cursos de capacitación y actualización dirigidos a sus profesores. Posteriormente, la universidad ha implementado un programa de especialización en docencia universitaria dirigido especialmente a sus profesores y con el cual se espera preparar a los docentes de los programas de ingeniería, entre otros, para asumir con mayor responsabilidad el cumplimiento de su Proyecto Educativo Institucional y dar un mejor cumplimiento a su misión. En este trabajo se presenta el programa de capacitación y formación pedagógica en la UTP, algunas tendencias educativas a las cuales deben responder los ingenieros docentes universitarios en los próximos años, así como algunas corrientes, modelos, metodología y estrategias pedagógicas que pueden ser aplicadas por los docentes de los programas de ingeniería con el fin de llevar a cabo las reformas curriculares que actualicen y modernicen la enseñanza de la ingeniería en Colombia y que responda a los retos del comienzo del nuevo milenio en la formación de los ingenieros que nuestras regiones y país necesitan.

## **INTRODUCCION**

Con el fin de ubicar el tema de este trabajo dentro de una conceptualización apropiada, es



conveniente hacer alusión a las tres categorías que, en esencia, conforman el título del mismo: formación, pedagogía e ingeniero.

La formación hace alusión en forma tradicional a la acción o efecto de formar. Hace referencia a que una persona adquiera más o menos desarrollo, aptitud o habilidad en lo físico o en lo moral. La palabra formación en educación sugiere dar forma al educando o el contribuir a que desarrolle su forma y la forma del ser humano. La formación es lo que queda, es lo perdurable, es aquello que hace que el hombre no se quede en lo inmediato y particular y le permite trascender y ascender a la universalidad partiendo de todo aquello que como ser humano posee. Formar a una persona es facilitarle que asuma su propia vida en dirección racional, reconociendo a los demás sus derechos y su dignidad.

Flórez ( 4) afirma que *“La pedagogía en sentido estricto hace referencia al saber riguroso de la enseñanza que se ha venido validando, consolidando y sistematizando en el siglo XX como una disciplina científica en construcción, con su campo intelectual de objetos y metodología de investigación propios, según cada paradigma pedagógico”*. Así mismo, Zuluaga y otros (12) opinan que *“La Pedagogía es la disciplina que conceptualiza, aplica y experimenta los conocimientos referentes a la enseñanza de los saberes específicos en las diferentes culturas. Se refiere tanto a los procesos de enseñanza propios de la exposición de las ciencias, como el ejercicio del conocimiento en la interioridad de una cultura.”*

De los conceptos sobre Ingeniería e Ingeniería Mecánica expresados por el Consejo Técnico designado para la primera etapa del proyecto de Exámenes para Ingenieros Mecánicos (1) se puede afirmar que el Ingeniero es un profesional que le corresponde aplicar las ciencias físico-matemáticas a la invención, construcción, perfeccionamiento y utilización de la ciencia, técnica y tecnología. Es la persona que integra conocimientos y tecnología con aspectos gerenciales y empresariales los cuales deben dar respuesta a la solución de problemas en su campo de especialidad y aprovechar oportunidades que mejoren la productividad tendiente al mejoramiento de la calidad de vida con el fin de satisfacer las necesidades humanas y el desarrollo socio-económico de las comunidades.

Dado a que generalmente, en las universidades existe la preocupación constante de que se cumplan los planes de estudios establecidos, no se impulsan procesos de creación e innovación curricular que propicien cambios en la concepción y formación de profesionales. Esto es debido a que los diferentes planes de estudio son frecuentemente de tipo enciclopédico, incoherentes, desactualizados y, algunas veces superficiales respecto a las relaciones con los diferentes contextos nacionales e internacionales y por lo tanto afectan la calidad deseada.

Muchas veces el conocimiento de las diferentes disciplinas es visto como algo intocable e inmodificable dejando a un lado el conocimiento surgido de la cotidianidad y socialización; la importancia se radica en el dominio de un saber específico. Esta concepción necesariamente no da cabida a la formación integral de los estudiantes, la cual tiende, con alguna frecuencia, a confundirse con el concepto de integralidad en el manejo de los conocimientos. Debe tenerse en cuenta que la integralidad hace referencia principalmente a la relación e integración de temas o contenidos; mientras que la formación integral hace alusión al desarrollo conjunto de todas las dimensiones que constituyen el ser humano.

Las tendencias educativas actuales mundiales incorporan nuevas visiones de la educación, reconocen el papel del docente y exigen la formación docente sin lo cual se considera no habrá desarrollos positivos de las reformas curriculares. Además establecen que se requiere de docentes que lideren los programas y proyectos futuristas, que incorporen las tecnologías de la informática, la comunicación interactiva y dialógica en los procesos de aprendizaje y que presenten los



conocimientos en forma problemática, de tal manera que el estudiante establezca el nexo entre su solución y otros interrogantes de mayor alcance. Así mismo, afirman que se requiere un cambio de mentalidad en los docentes ya que tradicionalmente se ha traído con un currículo enciclopédico y no con un currículo integrado, en el cual se enfatiza en las formas y métodos de conocer y no en el conocimiento mismo; se orienta al manejo de las temáticas intensivas y más relevantes y no a las extensivas; la acción docente es integral y flexible, y se establece una transformación en la relación de autoridad profesor-alumno.

Todos estos cambios están asociados a las tendencias actuales sociales, económicas y políticas del entorno nacional, internacional y mundial que lógicamente repercuten en el campo educativo.

Consideremos qué ha sucedido con la formación pedagógica de los docentes de las diferentes facultades de ingeniería en nuestro país: en su mayoría poseen una sólida formación profesional en el campo de su especialidad pero carecen de formación en el área pedagógica que garantice su desempeño eficiente en la docencia. El trabajo docente es realizado por los profesores valiéndose de su intuición y de lo aprendido por modelamiento o imitación de sus antecesores: lo que hace la actividad docente de carácter tradicional y de difícil superación de esquemas traídos y descontextualizados de la realidad actual. En principio, con base en los desarrollos actuales de la pedagogía y sus tendencias, los pedagogos empíricos no existen. La pedagogía no puede aprenderse por prueba y error o por simple contemplación de actividades de enseñanza. Existen dictadores de clases, buenos expositores y comunicadores, pero no pedagogos; es decir, formadores de una estructura de conciencia moderna y científica, ciudadana y democrática. El hecho de comunicar algo, no es pedagogía; como tampoco lo es el uso de materiales didácticos. Ya que la pedagogía es un saber, que tiene carácter discursivo, explica y describe fenomenologías que constituyen el soporte del mismo, el cual puede ser objeto de crítica conceptual y de revisión permanente de los fundamentos sobre los cuales se encuentra construida.

El análisis anterior nos lleva a considerar que el profesor universitario tiene que estar capacitado desde el punto de vista pedagógico para enfrentar los retos y directrices que impone el siglo XXI en la formación de los nuevos ingenieros.

## **FORMACION PEDAGOGICA DE LOS DOCENTES EN LA UTP**

Teniendo como base la reflexión anterior, la Universidad Tecnológica de Pereira – UTP –, ante la necesidad de implementar su nuevo plan de desarrollo y ejecutar su Proyecto Educativo Institucional, optó por implementar un proceso de reforma académica y modernización pedagógica y curricular de sus programas de formación. Dentro de las acciones tendientes a dar respuesta a esta modernización pedagógica la Universidad promovió cursos de capacitación y sensibilización sobre lo pertinente a la reforma curricular que tenía que implementarse en las instituciones de educación superior conforme a la Ley 30 de 1992.

### **Programa de Capacitación y Formación Pedagógica**

**Programa de capacitación.** A partir de 1995 la universidad, a través de la vicerrectoría académica, ha ofrecido cursos de capacitación y actualización periódicos dirigidos tanto a los profesores de carrera de la institución, como a los profesores que aspiran a ingresar al escalafón docente o que están vinculados en forma transitoria. Entre estos cursos cabe mencionarse los relativos a la capacitación y actualización pedagógica, como: (1) Estrategias metodológicas de la labor docente, (2) El manejo básico de equipos y materiales, (3) Valores y educación, (4) Estrategias metodológicas y evaluación cualitativa de procesos de aprendizaje, (5) Modelos



pedagógicos y la practica docente: perspectiva desde el campo de la educación, (6) Formación integral y valores y Evaluación cualitativa.

Ante el ofrecimiento de estos cursos algunos docentes han respondido positivamente y los han acogido y ello ha generado actitudes positivas de cambio hacia la aplicación de las nuevas estrategias metodológicas. De los 87 docentes de ingeniería y tecnologías, 77 han tomado cursos de capacitación docente y el 24.67 % de estos últimos han tomado cursos de capacitación pedagógica y han manifestado la utilidad y aplicabilidad de los mismos en el acto docente.

El consejo académico de la UTP en su interés por fomentar la formación y capacitación pedagógica de sus docentes durante el primer semestre académico de 1999 aprobó el curso de "Estrategias metodológicas y evaluación cualitativa de aprendizaje" para que fuera dictado en todos los semestres académicos a los profesores recién vinculados a la universidad y que requieren de formación docente.

**Programa de especialización.** Con el objetivo de aunar esfuerzos y de que estos eventos no se den en forma desarticulada e informal, la universidad ha decidido implementar un programa de postgrado a nivel de especialización, en la modalidad de educación formal, en docencia universitaria: dirigido especialmente a sus profesores y con el cual se espera preparar a los docentes de ingeniería, entre otros, para asumir con mayor responsabilidad el cumplimiento de su Proyecto Educativo y poder dar cumplimiento a su Misión. Este programa fue aprobado por el Consejo Académico y el Consejo Superior y se espera que entre en vigencia a partir del próximo semestre.

La especialización en docencia universitaria en esta universidad, se enmarca dentro de las siguientes características:

- Es un programa de formación avanzada que busca en los docentes universitarios la formación pedagógica.
- Se acoge a los cuatro pilares fundamentales de la formación propuestos a la UNESCO (1996) por la comisión internacional sobre educación para el siglo XXI, que propone cuatro dimensiones del aprendizaje humano, como base de la formación: (1) Aprender a conocer, (2) Aprender a hacer, (3) Aprender a ser y (4) Aprender a vivir juntos y a convivir con los demás.
- Acoge como fundamentos curriculares los determinados en el Proyecto de Modernización Pedagógica y Curricular de la UTP: formación integral y permanente; sus principios, formar antes que informar y profundizar más en contenidos esenciales, y sus características: pertinencia, participación, flexibilidad, enfoque investigativo, practicidad, interdisciplinariedad, e integralidad.
- Promueve un aprendizaje significativo a través de metodologías reflexivas, interactivas, y dialogales dentro de una pedagogía dialógica, para desarrollar actitudes de análisis, reflexión y crítica sobre la docencia universitaria.
- Fomenta la construcción de nuevas pedagogías impulsando el cambio y la innovación en los métodos pedagógicos y en los estilos de gestión del conocimiento para renovar la docencia y promover las reformas académicas y la modernización pedagógica en la universidad.

La estructura curricular de esta especialización esta constituida por cuatro núcleos temáticos que deben desarrollarse alrededor de proyectos tendientes a solucionar problemas reales de la comunicación pedagógica y de la práctica evaluativa e investigativa en el aula. Los núcleos son los siguientes: núcleo de contextualización y gestión, núcleo de pedagogía, núcleo de investigación pedagógica, y núcleo de apoyo y complementación.



El proceso de transformación de la educación superior comienza con la transformación de la docencia y de los profesores, lo cual implica reconocer no sólo el cambio de actitud sino un cambio de cosmovisión para innovar y ser creativos. La nueva visión de la docencia exige una orientación hacia el diseño y desarrollo de los procesos de formación integral de la persona, los procesos de producción, socialización y apropiación crítica del conocimiento y los procesos de servicio a la comunidad. La renovación de la docencia está ligada a la renovación de los enfoques y diseños curriculares.

## **CONTEXTUALIZACION, PERSPECTIVAS Y FORMACION PEDAGOGICA DE LOS INGENIEROS DOCENTES UNIVERSITARIOS**

**Tendencias de los Primeros Años del Nuevo Milenio.** Hoy el mundo se pone de acuerdo sobre la prevalencia de tres principios: la globalización, el conocimiento, y la información. La manifestación más reconocida de la globalización es la mundialización de la economía. Se espera que en el futuro todo el planeta sea un mercado abierto de oferentes y demandantes, el mundo tiende a perder sus fronteras y la sociedad será cada vez más competitiva. La humanidad tiende a ser cada vez más inhumana: por esta razón es importante valorar y recuperar la formación del ser humano en forma integral y son las instituciones educativas las encargadas de jalonar este proceso.

El próximo siglo será el predominio de la ciencia y la tecnología, el mayor valor ya no lo tendrá la producción sino el conocimiento. La nueva realidad facilita el acceso y la recolección de información a saber: el ciberespacio, al cual se tiene acceso a través de redes y autopistas. Las publicaciones electrónicas, los home pages y el ingreso a ellas vía internet, están relacionadas con el desarrollo de la microelectrónica, las telecomunicaciones, y el impacto de los satélites.

Las tendencias actuales en la formación de ingenieros debe tener en cuenta las características del próximo siglo y los docentes deben propender por planes de estudio concebidos en forma más intensiva que extensiva, donde el desarrollo de las competencias profesionales tienda hacia el diseño, el trabajo en equipo y el liderazgo.

Los ingenieros requieren de nuevas habilidades como la capacidad para manipular mentalmente modelos, pensamiento conceptual con raciocinio abstracto, comprensión de procesos globales, capacidad de aprender a aprender y de cambiar con el cambio.

Los enfoques tienden a ser más divergentes que convergentes en los aspectos profesionales. Se vislumbra la persistencia de la importancia de las ciencias básicas y las ciencias de la ingeniería; pero se buscan nuevas aproximaciones docentes de acuerdo a las tendencias. Se debe promover un aprendizaje autónomo, con énfasis en la búsqueda de información, investigación y proyectos. Se debe incorporar la informática como un recurso general de aprendizaje y el uso de la multimedia y la realidad virtual. Existe una alta valorización del talento personal y la necesidad de una continua actualización. Los desafíos de la interacción humana condicionan en forma creciente la docencia. Se busca aplicar la interdisciplinariedad en los planes de estudios, proyectos, actividades; y el trabajo en equipo. Se enfatiza la formación en temas de gestión, comunicación interpersonal y administración.

**Formación Pedagógica de los ingenieros docentes universitarios.** Ante esta situación, se hace necesario entonces que el ingeniero docente conozca y se capacite por medio de cursos, talleres, seminarios o postgrados en tópicos, tales como:

- El conocimiento de las nuevas tendencias educativas colombianas y mundiales.



- El uso de estrategias metodológicas como los mapas conceptuales, el taller pedagógico integral, el seminario investigativo, la V heurística, los talleres en general, la confrontación de sistemas y las técnicas socializadas.
- La práctica de habilidades comunicativas de facilitador en los que puede asumir un estilo de monitor, coordinador, o director según el caso, generando un clima de comprensión, empatía y calidez estableciendo relaciones de aceptación libre intercambio de ideas a través de técnicas de escuela facilitadora.
- La utilización de destrezas lingüísticas de reenmarcada para potenciar el poder del reconocimiento en el éxito individual y grupal en la construcción de una autoimagen positiva, creando un ambiente apropiado para que el educando se sienta aceptado, escuchado, atendido y comprendido.
- El manejo de metodologías que contribuyan al desarrollo del cerebro no sólo del hemisferio izquierdo sino también del derecho, utilizando mapas mentales como ideogramas, dibujos, tablas, gráficos, diagramas, danzas, juegos, representaciones gráficas, metáforas, música, y recursos de experiencia directa como la simulación, experiencias de laboratorio, trabajos en grupo etc.
- La aplicación de modelos pedagógicos actuales, como: el modelo pedagógico tradicional, el transmisionismo conductista, el romántico, el desarrollista y el socialista como los presenta Flórez(4), y el constructivista fundamentado en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel o en el constructivismo social de Vigotsky con énfasis en el lenguaje o en el trabajo.

Haciendo uso de la capacitación y formación pedagógica de los ingenieros docentes de acuerdo a las nuevas tendencias y tecnologías educativas se logrará que las facultades de ingeniería se constituyan en ambientes de aprendizaje apropiados adecuados y prospectivos para afrontar los retos del próximo milenio con miras hacia una gran producción del saber.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aciem, Acofi, Icfes. Documento de trabajo: "Marco de referencia respecto a la formación académica y al ejercicio profesional de los Ingenieros Mecánicos" preparado por el Consejo Técnico del proyecto "Exámenes para Ingenieros". 1999, Santafé de Bogotá, pp. 2-6
2. ACOFI 1989, "Técnica y Desarrollo Humano- La formación del Ingeniero Colombiano". Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería – ACOFI, Bogotá – Colombia.
3. Delors, J. 1996, "La Educación Encierra un Tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI". Santillana S.A., Ediciones UNESCO. Madrid
4. Flórez O., Rafael, Hacia una pedagogía del conocimiento y la evaluación de procesos de aprendizaje. 1998, Santafé de Bogotá, Editorial McGrawHill, página 306.
5. De Zubiría, M., De Zubiría, J. 1989, "Fundamentos de Pedagogía Conceptual". Plaza & Janes, Bogotá.
6. Gómez Buendía Hernando. 1998. "Educación la Agenda para el Siglo XXI. Hacia un desarrollo humano". Editores PNUD\*Tercer Mundo.Impreso en Colombia, S.A
7. López S. Nelson Ernesto. 1995. " Reestructuración Curricular de la Educación Superior" ICFES. Santafé de Bogotá. Colombia. S.A.
8. Molina, M., Rodríguez A., Vélez, U. 1993, "Mapas Conceptuales". Narcea Editores, Madrid.
11. Universidad del Norte. 1997. . "Reflexiones sobre Formación Integral. Seminario Permanente sobre Formación Integral". Conferencias. Barranquilla Colombia. S.A
12. Zuluaga, Olga L., et al, Pedagogía, didáctica y enseñanza. 1988, Santafé de Bogotá, Educación y Cultura No.14 – Fecode, página 10



# **APLICACIÓN DEL MODELO DE AUTOEVALUACIÓN DEL CNA AL PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.**

**Waldo\* Lizcano Arias**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Universidad Tecnológica de Pereira**  
**\*waldoliz@utp.edu.co**

## **RESUMEN**

La Universidad Tecnológica de Pereira adoptó en 1997 el Modelo de Autoevaluación con fines de Acreditación expedido por el Consejo Nacional de Acreditación –CNA-. En la aplicación de este modelo, se elaboraron estrategias para la documentación de sus indicadores y se decidió que esta información formara parte del Sistema de Información Institucional disponible en Internet. Como resultados, se tiene que se han identificado diferentes aspectos curriculares del programa que han sido y deben ser considerados para elevar la calidad del mismo y que contribuyen al proceso de modernización y actualización curricular que fue acordado en los seminarios organizados en 1995 por ACOFI y bajo el patrocinio del ICFES. En este trabajo se presentará una breve conceptualización del modelo aplicado, su metodología, y las conclusiones y resultados finales que este proceso le ha dejado al programa de ingeniería mecánica en referencia.

## **ANTECEDENTES**

La Universidad Tecnológica de Pereira realizó los primeros pasos para ingresar en forma explícita dentro de la cultura de lo que hoy se conoce como autoevaluación alrededor 1986, cuando, en los períodos intersemestrales, se convocó a la comunidad académica a realizar la autoevaluación de las actividades realizadas y programas ejecutados durante el período académico que acababa de concluir. Para este efecto, no se siguió un modelo particular. Los resultados de esta iniciativa fueron recopilados en un informe institucional de circulación interna, y debido a la discrepancia y divergencia de criterios que se presentaron en el grupo que se conformó para continuar con este proceso, este esfuerzo no alcanzó los resultados que se buscaban en ese momento.



Como consecuencia de lo dispuesto en la Ley 30 de 1992 en lo concerniente al mejoramiento de la calidad de la educación superior y las demás disposiciones reglamentarias (6), la universidad Tecnológica de Pereira, desde 1994 y especialmente durante 1995 y 1996, impulsó la cultura de "la autoevaluación" y, de esta manera, perfiló el ingreso de la institución a la cultura de la acreditación. Entre 1994 y 1996, los directivos y algunos profesores de los diferentes programas de formación, y entre ellos los programas de ingeniería, de esta universidad participaron en diferentes talleres, seminarios, conferencias y reuniones que en torno a este aspecto se realizaron en diferentes lugares y regiones del país. Con el fin de buscar la mayor cobertura posible de este esfuerzo, los documentos más importantes fueron ampliamente divulgados y la discusión de los mismos fue promovida entre los profesores de los distintos programas.

Como resultado de lo anterior, a mediados de 1996 la Facultad de Ingeniería Mecánica de esta universidad, bajo el postulado de que "era conveniente realizar una autoevaluación del programa" decidió desarrollar su propio modelo o adoptar uno de los modelos de autoevaluación difundidos hasta el momento, para lo cual consideraron los conceptos presentados por Kells (11), Letelier (12) y Ocampo (16), entre otros.

Después de profundizar en estos modelos y los conceptos asociados a los mismos, y dado que durante el segundo semestre de 1996 se divulgó ampliamente la segunda edición de los Lineamientos para la Acreditación propuestos por el CNA, al finalizar 1996 se concluyó que era apropiado, oportuno y pertinente acoger el modelo de autoevaluación propuesto por el CNA con fines de acreditación. En este documento se presenta la forma como se ha aplicado este modelo en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira y los resultados que hasta el momento de preparar este documento se han alcanzado y otras perspectivas que los mismos ofrecen para lograr un mayor nivel de calidad en este programa.

## **CONCEPTUALIZACION DEL MODELO DEL CNA**

El concepto de calidad que orienta el modelo conlleva, por una parte, la apreciación que resulta de la consideración de los diferentes componentes del programa de formación, tales como el plan de estudios y los estudiantes que ingresan al programa, así como los procesos que experimentan sus estudiantes durante su tránsito a lo largo del programa en las actividades de docencia, investigación y proyección a la comunidad en el ambiente de organización y bienestar universitario que la institución le brinda. Esto hace que el egresado del programa posea unas características propias que constituyen el resultado de los componentes y procesos que lo producen y distinguen.

Así mismo, este concepto de calidad tiende a ponderar cualitativa o cuantitativamente la desviación o aproximación del producto real (entendido para esta aplicación como el egresado y el programa mismo) con respecto al prototipo ideal que podría tenerse en el momento de su medición.

Como resultado de esta concepción de la calidad, el modelo tiende a determinar o describir el nivel de proximidad con respecto a un "ideal" con el cual se ejecutan las diferentes actividades del programa y a la vez busca evaluar el grado de cumplimiento con el cual se realiza lo que el programa o institución ofrece.

Con el fin de establecer juicios de valoración respecto a la calidad, en el contexto antes anunciado, este modelo considera la calidad como una especie de función paramétrica donde sus variables principales están en función de otros parámetros y estos a su vez son función de otros elementos y así sucesivamente. Desde este punto de vista las variables principales de la calidad,



C, fueron denominadas "factores" (siete en total:  $F_1$  = Proyecto institucional,  $F_2$ = Estudiantes y profesores,  $F_3$ = Procesos académicos,  $F_4$ = Bienestar institucional,  $F_5$ = Organización, administración y gestión,  $F_6$ = Egresados e impacto sobre el medio y  $F_7$ = Recursos físicos y financieros); los parámetros de cada una de estas variables se denominaron "características" [cada factor es función de un número dado de características, así:  $F_1 = (C_1, \dots, C_{11})$ ,  $F_2 = (C_{12}, \dots, C_{27})$ ,  $F_3 = (C_{28}, \dots, C_{42})$ ,  $F_4 = (C_{43}, \dots, C_{47})$ ,  $F_5 = (C_{48}, \dots, C_{54})$ ,  $F_6 = (C_{55}, \dots, C_{57})$  y  $F_7 = (C_{58}, \dots, C_{65})$ ]; cada característica es función de lo que fueron llamadas "variables" [de tal manera que la Característica  $C_i = C_i (V_1, \dots, V_j)$ ]. Finalmente, el valor de cada característica  $V_k$  se obtiene, de acuerdo al criterio de quienes evalúan, de un conjunto de indicadores u hechos observables a través de los cuales se hace manifiesta la presencia o el efecto de cada una de las características. Para cada característica, se han hecho explícitos un cierto número de indicadores a través de los cuales se ponderan las variables mencionadas, según el criterio de los evaluadores. Resumiendo se tiene que:

$$\text{Calidad} = C = (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7) \quad (1)$$

$$F_i = (C_m, \dots, C_n) \quad (2)$$

$$C_j = (V_1, \dots, V_p) \quad (3)$$

$$V_k = (I_1, \dots, I_q), \text{ a criterio de los evaluadores} \quad (4)$$

Con el fin de cuantificar el modelo se realiza inicialmente una ponderación, a juicio de la comunidad académica del programa y a través de un mecanismo de consenso, en la que se establezca la importancia relativa de cada uno de los parámetros o elementos con respecto a la variable que los contienen. A partir de ese momento se procede a la calificación respectiva de cada uno de los elementos del modelo, partiendo del valor que con el cual se califique la variable  $V_k$  a partir del criterio del jurado sobre los indicadores. De los valores obtenidos para las variables  $V_k$  y la ponderación inicial, se obtiene como resultado un valor numérico para la variable C, calidad.

Como resultado de este proceso, se podrán identificar las desviaciones de los diferentes componentes, procesos y expectativas del programa con respecto a los ideales buscados y ofrecidos por la institución, y de allí resultará la identificación de los planes de acción que deberán ejecutarse para impulsar las fortalezas del programa y fortalecer las debilidades encontradas en el mismo. De esta manera, a través de este proceso de autoevaluación y con una voluntad política y algunos recursos económicos, se podrá lograr un camino en la ruta de la excelencia que debe ser buscado por los programas académicos.

Para la Universidad Tecnológica de Pereira, este modelo de autoevaluación fue seleccionado como un medio del proyecto de mejoramiento permanente buscado por la institución y en el cual la Acreditación de sus programas no será un fin sino solamente un resultado colateral de este proceso.

## APLICACIÓN DEL MODELO A LA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

Una vez comprendido el modelo, en diciembre de 1996, se tomó la decisión de ponerlo a consideración del conjunto de profesores, representantes estudiantiles y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Mecánica con el fin buscar su adopción como mecanismo de



autoevaluación del programa de pregrado en ingeniería a cargo de esta facultad, y así comprometer la participación de todos sus miembros en este proceso. Después de realizar el taller de sensibilización correspondiente y obtener la respuesta positiva de todos los participantes en esta reunión hacia la aplicación de este modelo de autoevaluación para el programa de Ingeniería Mecánica, se han desarrollado las siguientes etapas en la aplicación del mismo:

1. Los 27 profesores de tiempo completo y un profesor de medio tiempo, junto con los tres miembros del personal administrativo y siete estudiantes participantes en el taller de sensibilización se subdividieron en siete grupos de trabajos en forma tal que cada grupo se hizo responsable de la documentación de los indicadores correspondientes a las características de los factores contenidos en la Ecuación (1). El número de profesores asignado a cada grupo fue proporcional al número de características contenido en el factor correspondiente y en forma tal que a cada uno le correspondiera documentar los indicadores de un máximo de dos o tres características. El informe inicial respectivo fue entregado cinco meses después, contado el tiempo vacacional de fin de año.

2. Debido a la presión creada por el conjunto de personas que solicitaban información en las diferentes dependencias de la universidad, y en consideración a la publicación de "La guía para la Autoevaluación con fines de acreditación de programas de pregrado: Guía de procedimiento -CNA 02-" y la decisión institucional de adoptar el Modelo de Autoevaluación del CNA como elemento para la autoevaluación de todos los programas de la Universidad Tecnológica de Pereira - UTP : se crearon en la universidad los Comités de planeación y de coordinación del proceso institucional, y se aplicaron las recomendaciones de comunicación y coordinación recomendadas en este documento. De esta manera, se centralizó el proceso y se establecieron delineamientos generales para la documentación de los indicadores, en forma tal que permitieran dar curso a la aplicación universal del modelo.

3. A mediados de 1997, la UTP solicitó al CNA la apreciación de las condiciones iniciales de sus programas de Ingeniería Eléctrica, Industrial y Mecánica, junto con el programa de Medicina y en Septiembre de este mismo año recibió el visto bueno de este Comité para adelantar el proceso con fines de acreditación. Proceso que inicialmente debía culminar alrededor del mes de agosto de 1998.

4. Como resultado de esta decisión y el compromiso institucional para apoyarla, se incluyó dentro del Sistema de Información de la universidad, un ítem especialmente dedicado a los Indicadores del CNA. De esta manera, y dentro de la evolución del trabajo, se decidió realizar una serie de páginas Web en la red de información interna de la universidad y poner estas páginas a disposición de la comunidad académica a través de la autopista de información de Internet y en las cuales se disponía la información correspondiente a la documentación de los indicadores del modelo de autoevaluación del CNA. De esta manera, cada dependencia de la universidad resultó comprometida con el proceso y el suministro de la información disponible y bajo su responsabilidad. Entre tanto, el comité de Planeación de Autoevaluación orientaba sus esfuerzos hacia la preparación de las encuestas necesarias para la documentación de algunos indicadores y el Comité Central promovía la realización de talleres de divulgación, motivación y sensibilización de los diferentes programas que no habían ingresado aún en el proceso de mejoramiento permanente de la institución.

5. En mayo de 1998, se presentaron, por parte del CNA, los criterios que debían tenerse en cuenta para la ponderación del modelo descrito a través de las Ecuaciones (1), (2), (3) y (4) y debido al mecanismo de consenso y participación recomendado para la realización de este trabajo, la entrega de los informes finales fue aplazada de común acuerdo.



6. En atención a este nuevo elemento para la aplicación del modelo, en la Facultad de Ingeniería Mecánica se procedió a convocar los grupos de trabajo descritos en el Numeral 1 de esta sección, y cada grupo se responsabilizó de la ponderación de los elementos del modelo a su cargo y de la justificación correspondiente de cada uno de los valores dados. El sistema de consenso adoptado fue una metodología Delphi modificada y en la cual el grupo buscó, después del análisis de los elementos de juicio expuestos por sus integrantes, disminuir las diferencias de valoración inicialmente presentadas. Debido al reducido número de participantes en los grupos de los factores cuatro al siete, se integraron dos grupos: uno para evaluar los factores cuatro y cinco simultáneamente y otro para la evaluación de los elementos de los factores seis y siete. Este trabajo se concluyó en abril de 1999.

7. Debido a las consecuencias del sismo del 25 de enero en el eje cafetero, las consecuencias que el mismo dejó sobre las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Mecánica, y a algunas situaciones de anormalidad académica que se han presentado en la universidad, la elaboración del informe final que debía ser remitido al CNA sufrió un significativo retraso. En el momento este informe se encuentra en curso y se espera que sea concluido a finales del mes de septiembre o comienzos del mes de octubre.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La adopción y aplicación del modelo en consideración ha producido los siguientes resultados:

- Ha habido una amplia divulgación y una toma de conciencia acerca del significado de la Misión de la universidad, el Proyecto Educativo Institucional y el compromiso de todos por conocerlos y realizar los esfuerzos que estén a su alcance para su cumplimiento e implementación.
- Se han identificado algunos aspectos, como los relativos al seguimiento de los estudiantes en todos sus aspectos e implementación de tutorías que, dentro de un ideal, podrían ser tenidos en cuenta para mejorar la eficiencia y la eficacia de los recursos presupuestales asignados al programa.
- Se ha hecho explícita la participación y dedicación de los profesores a las actividades de docencia, investigación y extensión: esto permitirá una mejor planeación de los recursos humanos y posiblemente una dedicación programada que además de buscar mejores resultados, permita una mayor vinculación de los miembros de su comunidad académica a nuevos proyectos.
- Se han promovido los términos de referencia que, además de los convencionales y previamente recomendados en las reuniones organizadas por ACOFI y el ICFES durante 1995 para modernizar y actualizar los programas de Ingeniería Mecánica, lleven al programa a cumplir los requisitos de calidad que gobiernan el modelo respecto a la forma de realizar lo que se hace y al cumplimiento de lo que la universidad y la facultad ofrecen en sus misiones.
- Se ha buscado la dotación de la facultad, tanto en el aspecto informático de software y hardware como de laboratorios e instrumentación, para buscar un mejor cumplimiento de lo propuesto en la misión de la facultad.
- Se ha creado la necesidad de buscar una mayor vinculación de la Facultad de Ingeniería Mecánica con sus egresados, para tener un contacto más cercano con el resultado del proceso y así lograr una cuantificación más precisa del impacto del programa sobre el medio.



- Se han reconocido algunos proyectos que deben ser implementados para que, a través de la administración de la universidad y sus dependencias de bienestar y de gestión, el programa pueda fortalecerse y desarrollarse conforme a las necesidades y demandas, tanto del medio externo como de la comunidad.
- En conclusión, la aplicación del modelo adoptado ha indicado un conjunto de acciones y un camino que han permitido a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira: elevar el nivel de calidad del programa y, más aún, buscar las acciones que deberán aplicarse para superar las debilidades, desarrollar las fortalezas y aprovechar mejor las oportunidades.

## BIBLIOGRAFIA

1. Accreditation Board for Engineering and Technology - ABET, ABET Engineering Criteria 2000. 1995. Documento de trabajo- Baltimore, Maryland - USA.
2. ASCUN, Castillo H., Mario et al, Características de la calidad: hacia una universidad autorregulada, Talleres gráficos de la imprenta de la Universidad de Antioquia, Febrero de 1996, Colombia.
3. CIEES, Marco de Referencia para la Evaluación. Comités Interinstitucionales para la evaluación de la educación superior, Comité de Ingeniería y Tecnología. Octubre de 1994, Mexico.
4. CNA, Linemientos para la acreditación, Segunda edición, Consejo Nacional de Acreditación, Junio de 1996, Santafé de Bogotá.
5. \_\_\_\_\_, Guía para la autoevaluación con fines de acreditación de programas de pregrado: Guía de procedimientos-CNA 02, Consejo Nacional de Acreditación, Febrero de 1997, Santafé de Bogotá.
6. ICFES, Normas Sistema Nacional de Acreditación, Serie ICFES Divulgación de Normas y Políticas, 1996, Santafé de Bogotá.
7. ICFES, Elementos estructurales para el diseño y evaluación de programas académicos. Subdirección Académica. Política y Gestión Universitaria, abril de 1992, Bogotá, pp 30-41.
8. \_\_\_\_\_, Sistema Nacional de Acreditación: Mexico, Brasil y Chile. Programa de fomento a la cultura de la acreditación, Serie ICFES: Experiencias de Acreditación, 1996, Santafé d Bogotá.
9. \_\_\_\_\_, Sistema Nacional de Acreditación: Canadá, Estados Unidos. Programa de fomento a la cultura de la acreditación, Serie ICFES: : Experiencias de Acreditación, 1996, Santafé d Bogotá.
10. \_\_\_\_\_, Normas: Sistema Nacional de Acreditación. Programa de fomento a la cultura de la acreditación, Serie ICFES: Experiencias de Acreditación, 1996, Santafé d Bogotá.
11. Kells, Herbert R, Organización de la autorregulación, documento del Seminario de Autorregulación, Mejoramiento de la calidad y acreditación universitaria, Colombia, Agosto - Octubre de 1995
12. Letelier, S. Mario, Factores condicionantes de la acreditación de carreras de ingeniería, IX Jornadas Nacionales de Educación en Ingeniería, Universidad de Magallanes, Octubre 4-6 de 1995, Punta Arena, Chile.
13. \_\_\_\_\_ Evaluación y acreditación de carreras profesionales, OUI - U-ESCO - CICES - USACH, documento presentado en Seminario organizado por ASUME en Mayo 9-11 de 1996 en Paipa, Boyacá.
14. \_\_\_\_\_ Calidad y pertinencia de la educación en ingeniería - Una concepción evolutiva, Centro de Investigación en creatividad y educación superior - CICES, Universidad Santiago de Chile, Enero de 1995, Chile.
15. Letelier, S. Mario, Ayarza, E., Hernán, Análisis comparativo de sistemas de evaluación y acreditación de programas de ingeniería, Centro de Investigación en creatividad y educación superior - CICES, Universidad Santiago de Chile, Agosto de 1995, Chile.
16. Ocampo, C. J. Fernando, La acreditación y su relación con la calidad de la enseñanza de la ingeniería. Documento presentado en Seminario organizado por ASUME en Mayo 9-11 de 1996 en Paipa, Boyacá.
17. Trujillo P., Carlos A., Acreditación: Informe final: propuesta para un sistema nacional de acreditación, Misión Nacional para la Modernización de la Universidad Pública.



# **DIAGNOSTICO DE LA FUNDAMENTACIÓN EN PEDAGOGÍA Y DIDÁCTICA DE LOS PROFESORES INGENIEROS DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE LA U.T.P**

**Luis E. Llamosa R.      William Ardila U.      Victor M. Barros A.**  
**Profesores de la Facultad de Ciencias Básicas**  
**Universidad Tecnológica de Pereira**  
**A.A. 97 Pereira-Risaralda**  
**Tele-Fax: 096 3213292**

**RESUMEN:** El Profesor universitario y como caso particular el Ingeniero que se dedica a la docencia universitaria en los programas de ingeniería, requiere de una preparación previa, que lo fundamente en los principios generales de pedagogía y didáctica. La mayoría de los ingenieros que entran a la docencia consideran de cierta forma que el conocimiento y la experiencia dentro de su campo de conocimiento son lo más importante en el momento en que asumen la docencia como una profesión, menospreciando muchas veces los aspectos pedagógicos y didácticos de la docencia universitaria y terminando de manera consiente o inconsciente de incorporar como modelo pedagógico a aquel profesor que más admiraron dentro de su ciclo de estudiante universitario.

Por medio del presente trabajo se quieren presentar los resultados obtenidos al realizar una investigación, en que los Profesores Ingenieros de las carreras de ingeniería de la Universidad Tecnológica de Pereira conforman el grupo de estudio. Esta investigación tuvo como objetivo el de realizar un diagnostico por medio del cual se detectara el grado de importancia que estos profesores conceden a la fundamentación en pedagogía y didáctica, dentro de su labor docente, indagando si la institución o ellos mismos se han preocupado por la fundamentación en estos aspectos y verificando por medio de preguntas simples sus conocimientos pedagógicos y las herramientas de tipo didáctico que utilizan dentro de su cátedra universitaria, incluyendo la utilización de nuevas tecnologías para la enseñanza.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La pedagogía no es solo un discurso de la enseñanza sino también una práctica, cuyo campo de aplicación es el discurso. El médico por ejemplo enfrenta los conocimientos médicos a la enfermedad y los instrumentos de indagación de la misma se aplican al cuerpo. El profesor enfrenta sus conocimientos pedagógicos al discurso de las teorías o de las ciencias y el instrumento que utiliza para ello es el método de enseñanza. Esto condiciona al profesor a tener que adecuar el discurso de las ciencias a las características de los sujetos del aprendizaje, hacerlo



comprensible, dosificarlo, calificarlo, es lo que hace que la relación del maestro con el conocimiento sea a través de una práctica pedagógica.

En las instituciones universitarias se presenta con frecuencia el debate alrededor de los diferentes modelos de aprehensión del conocimiento. Las tendencias pedagógicas tradicionales se van perpetuando en el estamento docente de los diversos niveles de escolaridad, lo que dificulta la innovación y apertura a nuevas alternativas.

Por muchas razones, las formas de enseñanza en la Universidad han legitimado un ritual eterno de memorización, repetición, obediencia y transmisión de contenidos seleccionados por el profesor y calificados por el profesor. Él es el que sabe y es quien decide sobre las estrategias más afortunadas para cumplir con los objetivos que el mismo ha diseñado como los que deben cumplirse en su clase.

Podemos partir de la pregunta: ¿Ha sido siempre así? ¿Cuales son las razones para hacerlo así? ¿Se puede hacer de otra manera?

La principal razón que se encuentra para responder a esas preguntas es LA TRADICIÓN: Así lo hemos visto hacer, así nos dijeron que había que hacerlo y así nos enseñaron a nosotros cuando estudiábamos.

Además de lo anterior debemos admitir que en su mayoría los profesores que dirigen las asignaturas dentro de los programas de ingeniería poseen una débil formación en pedagogía y didáctica. En efecto, como lo han señalado algunas investigaciones al respecto, la explosión desmesurada de universidades en la década de los 80 permitió la llegada de docentes a las universidades con un carácter eminentemente profesionalizante donde toda la fortaleza de la enseñanza estaba en el dominio de las disciplinas o ciencias a enseñar.

El uso de nuevas tecnologías como herramientas dentro del proceso de formación de ingenieros se hace hoy en día indispensable, el uso de computadores, software educativo, y diferentes tipos de instrumentos, ayuda a aprovechar al máximo las capacidades del alumno. La denominada tecnología educativa conjuga dentro de su proceso de enseñanza y aprendizaje un método sistemático de instrucción y la utilización de nuevas tecnologías. Cabría aquí preguntar: ¿Los profesores de los programas de ingeniería hacen el uso debido de las nuevas tecnologías dentro de su actividad docente?

## **2. OBJETIVOS**

Este trabajo tiene como objetivo general realizar una investigación por medio de la cual se diagnostique el grado de fundamentación en pedagogía y didáctica de los profesores ingenieros que prestan sus servicios en los programas de ingeniería de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Establecer si antes de su vinculación como docentes universitarios, los profesores objeto de este estudio habían recibido capacitación en pedagogía y didáctica.
- Establecer si la institución (U. Tecnológica de Pereira) ofreció a estos docentes capacitación en pedagogía y didáctica luego de su vinculación.
- Indagar si la institución se preocupa por actualizar a estos docentes en aspectos de pedagogía y didáctica.
- Indagar e identificar la utilización de nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza aprendizaje.

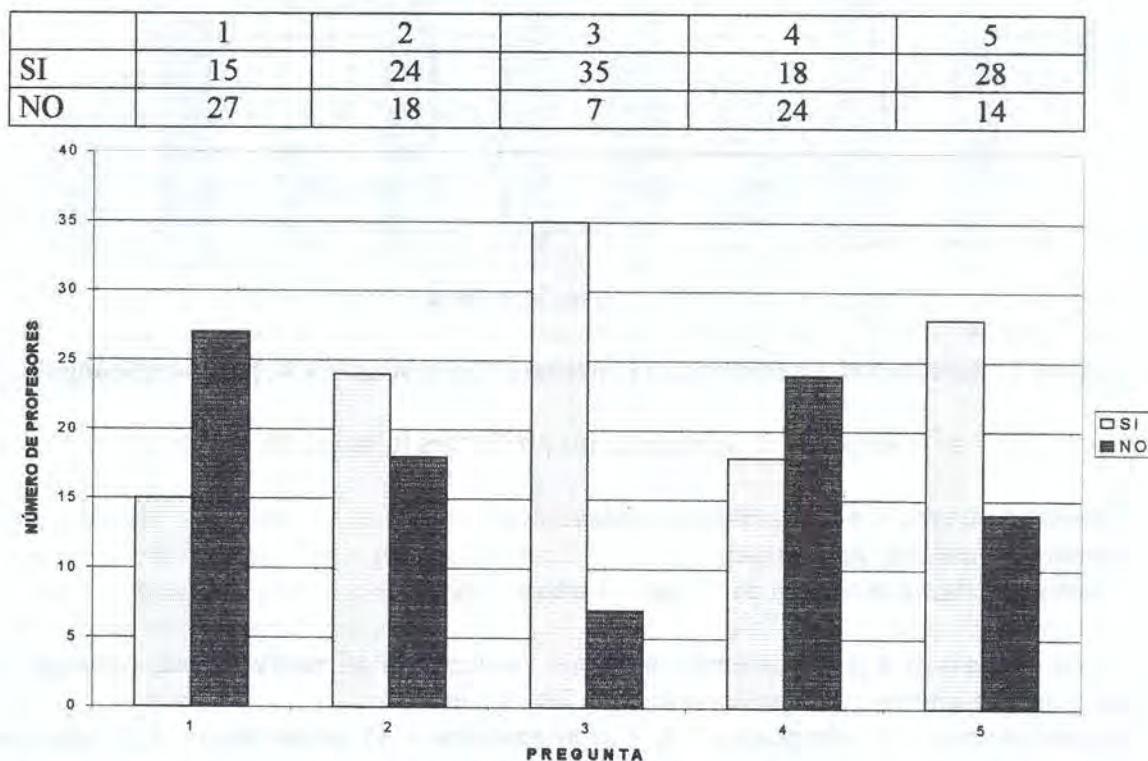


### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

Se encuestaron 42 profesores ingenieros, los cuales prestan sus servicios en los programas de Ingeniería mecánica, industrial, eléctrica y de sistemas. A continuación se evaluarán los resultados de las primeras cinco preguntas realizadas al grupo objeto del estudio. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Antes de iniciar su vinculación como Docente Universitario recibió cursos de capacitación en pedagogía y didáctica?
2. ¿Luego de su vinculación como docente, la Universidad le ofreció cursos de capacitación en pedagogía y didáctica?
3. ¿Considera importante la capacitación en pedagogía y didáctica para cumplir con su labor docente?
4. ¿La Universidad y su Facultad se interesan en actualizar a los Profesores Ingenieros en aspectos de pedagogía y didáctica?
5. ¿Utiliza en su cátedra universitaria la ayuda de nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza aprendizaje?

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:



**Figura 1. Resultados obtenidos en las primeras cinco preguntas de la encuesta realizada.**

La pregunta número 6 formulada a los profesores objeto de este estudio fue la siguiente:

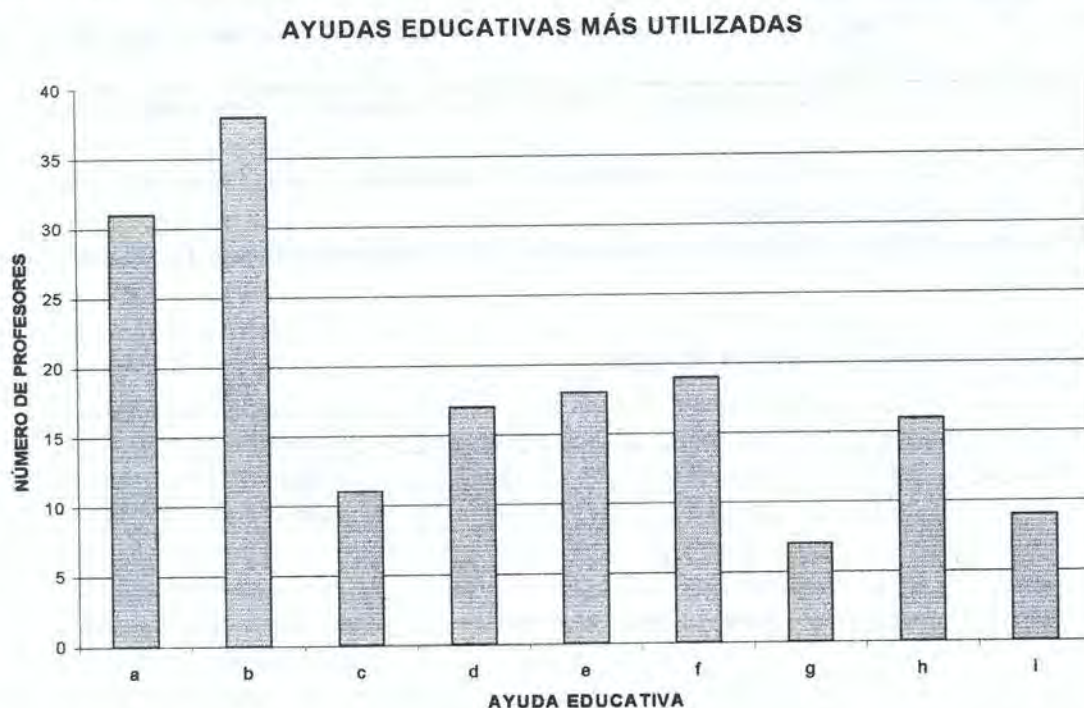
6. Señale tres ayudas educativas de las que más utiliza en su cátedra universitaria:
- a. Tiza y tablero
  - b. Tablero de acrílico y marcadores
  - c. Proyector de diapositivas



- d. Proyector de opacos      e. Retroproyector      f. Software educativo      g. Multimedia  
h. Internet      i. Otras: Cuáles?

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

|    | a  | b  | c  | d  | e  | f  | G | h  | i |
|----|----|----|----|----|----|----|---|----|---|
| SI | 31 | 38 | 11 | 17 | 18 | 19 | 7 | 16 | 9 |



**Figura 2. Resultados obtenidos en la encuesta con respecto a la pregunta número 6.**

En la pregunta 7 de la encuesta se indagaba a los profesores lo siguiente:

7. ¿Conoce alguna teoría de aprendizaje pedagógico?  
Nombre las que más le interesen:  
¿Cuáles de ellas implementa en su cátedra universitaria?

De los 42 Profesores Ingenieros encuestados, 21 contestaron afirmativamente; entre las teorías pedagógicas que dijeron conocer se encuentran las siguientes:

1. Estructuralismo. (2 profesores)
2. Constructivismo. (5 profesores)
3. Tradicional. (2 profesores)
4. Cognitiva. (3 profesores)
5. Racionalista. (1 profesor)
6. Propia del Profesor. (1 profesor)
7. Conductismo. (5 profesores)
8. Tecnología educativa. (1 profesor)
9. Piaget. (3 profesores)

Solamente 6 Profesores afirmaron implementar en su cátedra universitaria teorías pedagógicas de la manera siguiente: Racionalista: 2 profesores. Combinación del conductismo con la tecnología educativa: 1 profesor. Combinación de conductismo y constructivismo: 1 profesor. Combinación de constructivismo y cognitivismo: 1 profesor. Combinación de cognitiva, tradicional y constructivista: 1 profesor.



#### 4. ANALISIS DE RESULTADOS

Un 35.7% de los docentes objeto de este estudio recibieron cursos de capacitación en pedagogía y didáctica antes de ingresar a la institución.

A un 57.1% de los profesores ingenieros de los programas de ingeniería de la UTP, la institución les ofreció cursos de capacitación en pedagogía y didáctica, lo cual demuestra que la institución se ha preocupado de alguna manera en este aspecto, aunque de acuerdo a los resultados no parece ser una política institucional.

Resulta interesante observar que un 83.3% de los encuestados considera importante la capacitación en pedagogía y didáctica para cumplir con su labor docente. Parecería no haber concordancia entre este resultado y el hecho de que solamente 6 profesores (14.2%) afirmaron implementar en su cátedra universitaria teorías pedagógicas.

De acuerdo a los resultados la institución no parece interesarse de la mejor manera en actualizar a sus docentes en aspectos de pedagogía y didáctica, ya que solamente un 42.8% de los encuestados responden afirmativamente con respecto a este interés por parte de la institución.

El 66.6% de los encuestados afirman utilizar en su cátedra universitaria la ayuda de nuevas tecnologías; lo anterior es contrastante con el hecho de que las ayudas educativas más utilizadas son la tiza y el tablero (73.8%) y el tablero de acrílico y los marcadores (90.4%). En su orden otras de las ayudas educativas más utilizadas son: El software educativo (45.2%), el retroproyector (42.8%), el proyector de opacos (40.4%), Internet (38%), proyector de diapositivas (26.2%), multimedia (16.6%). Entre las "otras" ayudas educativas que dijeron utilizar 7 de los profesores encuestados, están las siguientes: Carteles, fotocopias de artículos técnicos, videograbadora, talleres de simulación, fotocopias y artículos de prensa y revistas, cartillas prediseñadas, seminarios. Es interesante anotar que a pesar de que el 66.6% de los encuestados afirma utilizar nuevas tecnologías dentro de su cátedra universitaria, solamente uno de los 42 profesores encuestados dijo conocer y aplicar la "tecnología educativa".

El 50% de los profesores encuestados dicen conocer teorías pedagógicas, solamente un 14.2% dice implementar algunas de ellas dentro de su cátedra universitaria, cabría la pregunta: ¿Qué metodología implementa el 85.7% restante?

#### 5. CONCLUSIONES

No se pretende exponer como verdades absolutas las conclusiones que se elaboran a continuación, más bien se desea que estas sirvan de base para generar una discusión al respecto. Creemos que todas las posiciones que se puedan presentar al respecto tienen algo de verdad, partiendo de la más extrema que exponen algunos de nuestros colegas, los cuales consideran que la pedagogía y la didáctica no sirven para nada dándole mayor importancia a su saber y experiencia específica.

A continuación se exponen una serie de conclusiones que se espera sirvan de base para ahondar más en el tema y para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje dentro de los programas de ingeniería de nuestras universidades.

En los docentes se deben integrar dos profesiones: La pedagógica, y aquella cuya especialidad particular les permite desarrollar el contenido de una materia determinada. Así los ingenieros, médicos, economistas o cualquier otro profesional que se dedique a la educación, están en el deber de manejar los supuestos básicos de las teorías de enseñanza y aprendizaje, ya que en su labor como profesores se van a encontrar con situaciones en las cuales estas teorías les van a ser



útiles, si quieren lograr los objetivos propuestos para un curso determinado. No basta saber qué se va a enseñar, es fundamental determinar cómo y a quiénes se va a enseñar.

Es tarea de todos y cada uno de los profesores lograr que sus alumnos lleguen a un aula, encuentren en ella los elementos que le permitan desarrollar al máximo sus capacidades y vean satisfechas sus expectativas, su necesidad de aprender. Pensemos en lo agradable que es observar a alguien desempeñar una labor que le gusta, que conoce y que quiere. Esta es la imagen que un docente debe proyectar a sus alumnos, lo que logrará mediante el manejo adecuado de sus conocimientos como profesional y como pedagogo.

Al iniciarse el proceso de enseñanza aprendizaje, el docente debe conocer las diferentes teorías sobre el particular, con un enfoque claro hacia la enseñanza y un análisis objetivo sobre el proceso. Cuando más se conozcan las condiciones y elementos psicológicos, genéticos, cognoscitivos y sociales de la educación, más fácil será aplicarlas en forma correcta al ejercicio de la docencia.

La utilización de nuevas tecnologías sin un método pedagógico, se convierte en una actividad mecánica y deshumanizante, su utilización está enmarcada dentro de la denominada tecnología educativa en la cual se hace necesario la aplicación de un método sistemático de instrucción en que no se pierda en ningún momento la interrelación profesor-alumno o alumno-profesor.

Dentro del proceso enseñanza-aprendizaje la evaluación es fundamental; con base en los resultados de esta investigación se podría concluir que los instrumentos y procesos de evaluación son concebidos como especie de herramientas independientes y traídas desde afuera del cuerpo conceptual y metodológico que fundamenta la praxis pedagógica y didáctica cuyos resultados se quieren verificar. De ahí, que de acuerdo a los resultados tendríamos que la gran mayoría de profesores del grupo de estudio entrarían al diseño de esos instrumentos y procesos, sin una previa revisión de las ideas pedagógicas y didácticas que direccionan o van a direccionar su ejercicio docente; los científicos de la pedagogía ubican esta posición dentro del empirio positivismo.

La Pedagogía es la ciencia de la educación; la educación sin pedagogía, sin reflexión metódica, sería pura actividad mecánica, mera rutina.

"Hoy en día necesitamos estudiantes más activos, que aprendan a descubrir las cosas por sí mismos, en parte por su propia actividad espontánea, y en parte por el material que les presentemos" J. PIAGET, 1974.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Ausubel, D., Novak, J. D. Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. Editorial Trillas, 1978, Mexico.
2. Autores varios. Estudios en pedagogía y didáctica, volumen 1, número 1, abril-junio, 1995, Santafé de Bogotá.
3. Buitrago Bertha Lucia. El proceso de enseñanza aprendizaje, USTA, 1994, Santafé de Bogotá.
4. Gallego B. Rómulo Diseño y evaluación de estrategias y metodologías para la formación científica y tecnológica. UPN, 1986, Santafé de Bogotá.
5. Parra Francisco. La Universidad. FES-COLCIENCIAS, tomo IV, 1996, Santafé de Bogotá.
6. Piaget Jean. Epistemología y pedagogía, Ed. PAIDOS, 1979, Buenos Aires.
7. Tamayo Valencia Alfonso. Más allá del constructivismo. Revista acción pedagógica, UPTC, #18, 1997, Tunja.
8. Zuluaga Olga Lucia. El trabajo histórico y la recuperación de la práctica pedagógica, Revista educación y cultura, #3, marzo, 1985, Santafé de Bogotá.



# **HACIA UN CAMBIO EN LA METODOLOGIA DE INVESTIGACION EN LOS PROGRAMAS DE INGENIERIA DE ALIMENTOS**

**Carlos Enrique Cardona Fadul**  
**Fundación Universitaria Agraria de Colombia- Uniagraria**  
**Email Deca.uag@inter.net.co**

## **RESUMEN**

En los programas de Ingeniería de Alimentos se observa el poco protagonismo de los trabajos de grado en el desarrollo agroalimentario del país, dada su poca pertenencia con las necesidades reales de la sociedad.

Esta situación obedece a diversidad de causas siendo una de ellas la precaria participación del diseño como elemento cognoscitivo y conceptual en el desarrollo de los trabajos en mención, ya que en general, ellos son orientados por una concepción “científica”, la cual no corresponde exactamente a la intencionalidad en la formación del ingeniero.

Se plantea una propuesta diferente para abordar la metodología de los trabajos de grado, la cual se está implementando en la Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

## **1. ANTECEDENTES**

En los Programas de Ingeniería de Alimentos cursados en la gran mayoría de Instituciones del país, a medida que se ha construido el contexto epistemológico del saber propio de la profesión, se han generado y cambiado paradigmas como obedece al devenir propio de una disciplina relativamente nueva

Uno de ellos es el de la Investigación, tema discutido, discutible y en discusión, habida cuenta además de la permanencia tácita de la orientación y metodología seguido por el desarrollo de los trabajos de grado: investigación científica ó investigación tecnológica.

## **2. SITUACION ACTUAL**

Al estudiante desde los primeros semestres, adecuadamente o no, acertadamente o no, fehacientemente o no, se le inculca su “deber ser” de ingeniero, entendiendo como tal a “un solucionador de problemas”, en su sentido más general; para ello se le “enseña” un cumulo de ciencias básicas con el objetivo de que los aplique en las Ciencias de la Ingeniería; la pretensión es que se forme cada vez más como Ingeniero, pero con el agravante de no desarrollarle sus habilidades en diseño, su imaginación creatividad, y capacidad instintiva.



Llegado al séptimo u octavo semestre se le transmite el mensaje de eclipsar su condición de ingeniero y que debe adoptar actitudes de científico inculcándosele para tal, contenidos de Metodología de la Investigación Científica, cátedra usualmente “dictada” por profesores provenientes de otras profesiones.

En estas condiciones se termina, en la mayoría de los casos, en una superficial concepción del desarrollo de un trabajo que no es científico, pero tampoco es ingenieril, eso cuando no se cae en los célebres “Estudios de Factibilidad para .....”. De trabajos así, imprácticos, sin ningún aporte al conocimiento científico o al desarrollo tecnológico del país, están llenas las bibliotecas de las instituciones.

Esta situación que desafortunadamente impera en los Programas conocidos por el autor, obviamente con valiosas excepciones, debe cambiar si se quiere avanzar en el desarrollo agroalimentario del país.

El giro en su formación, lo percibe el estudiante y muchos lo hemos vivido, con rechazo y desengaño causado por un obstáculo epistemológico a la manera de Gastón Bachelard, pero más exactamente del tipo epistemofílico como acertadamente lo llama Enrique Pichón-Rivière, quien lo describe como “el problema que una persona tiene que franquear para poder ascender al nuevo conocimiento”.(1)

En esta situación el aspirante a graduarse deambula por toda la Universidad, buscando un “tema de investigación”, en el cual pueda aplicar lo escasamente memorizado en su cátedra de Metodología y todos somos testigos de sus dificultades para: enunciar el problema y definirlo, precisar los objetivos, formular las hipótesis....., usualmente su director de trabajo tampoco es un científico, es un ingeniero que desarrolla su actividad en el mundo real y su cosmovisión generalmente obedece a ello,

### 3. MARCO CONCEPTUAL

Modernamente se concibe la ciencia no como una actividad uniforme de conocimiento, sino que se presenta en varias formas dentro del concierto actual a saber:

**Ciencia Básica:** tiene como objetivo el progreso del conocimiento, y tiende a adquirir nueva información sobre la realidad, descubriendo las leyes que rigen los fenómenos.

**Ciencia Estratégica:** “Constituye el cúmulo de conocimientos con algún propósito a partir de los cuales pueden surgir procesos y productos”.(2)

**Ciencia Aplicada:** Es la relativa a un proyecto específico

La tecnología es más que la simple aplicación del conocimiento científico.

La tecnología es por sí misma un cuerpo de conocimientos acerca de cierta clase de eventos y actividades. Es el conocimiento de técnicas, métodos y diseños que operan de ciertas formas e implican ciertas consecuencias, aun cuando todo ello no se pueda explicar exactamente.



En la medida en que la “ciencia estratégica” y la “ciencia aplicada” tienen en consideración los factores externos, se confunden más con la tecnología que la ciencia pura, cuyo modelo de trabajo es el que se rige en los anteproyectos de grado.

De las muchas concepciones acerca de la diferencia entre la ciencia y la ingeniería (léase tecnología), una de las mas aceptadas en el momento es la que centra la diferenciación “en los procesos básicos característicos de cada una: el de investigación para la ciencia y el de diseño para la ingeniería”.(3)

En la búsqueda de nuevos conocimientos, el hombre de ciencia aborda el proceso llamado de *investigación* con el conocimiento como objetivo. En el proceso investigativo el científico tiene como interés primordial o valoración de su quehacer científico: la validez de sus teorías, la reproducibilidad de sus conocimientos y lo adecuado de sus métodos para observar y experimentar con los fenómenos naturales.

En contraste, el producto final del trabajo de un ingeniero es usualmente un dispositivo físico, una estructura o un proceso, desarrollados mediante el diseño como discurrir creativo.

“El interés del ingeniero o valoración de su saber propio radica en la factibilidad económica, la seguridad, la aceptación de un público y la factibilidad técnica”. (4)

Las dos actividades: investigación científica e investigación tecnológica, a primera vista comparten varias facetas a saber:

- Ambas buscan un propósito
- Involucran juicios de valor
- Requieren la modelación de ideas
- Requieren un pensamiento creativo
- Emplean términos comunes como: planteamiento del problema, definición del problema, planeación, evaluación.

Sin embargo, las diferencias entre la investigación científica y la tecnológica residen no tanto en los procesos como en la naturaleza de los objetivos y de los productos de ambas actividades, un análisis más detallado revela algunas diferencias significativas, por ejemplo:

### **En la Investigación Científica.**

Si las hipótesis formuladas o las teorías expuestas “se ajustan a los hechos” o no desarmonizan con el correcto método científico, entonces las necesidades del contexto pueden no ser importantes o revelantes.

La investigación científica no necesariamente toma en cuenta los criterios de la sociedad

Sus descubrimientos no necesariamente pueden ser protegidos por una patente

### **En la Investigación tecnológica:**

Los productos tienen que satisfacer criterios externos diversos



El producto, proceso o estructura, además de “trabajar”, es decir, “hacer aquello para lo cual se diseñó”, debe satisfacer un amplio rango de condiciones que pueden incluir: sostenibilidad del medio ambiente, costos, estética, inclinaciones culturales, factores ergonómicos y necesidades del mercado entre otras.

Sus inventos son protegidos por patentes.

El proceso de diseño abarca las actividades y eventos que transcurren entre el reconocimiento de un problema y la especificación de una solución del mismo que sea formal, económica y satisfactoria

Lo anterior no quiere decir que personas que esencialmente son científicos nunca proyecten instrumentos o resuelvan problemas, o que los ingenieros no realicen investigación en la búsqueda de soluciones a los suyos.

#### 4. PROPUESTA

El camino para la solución de una situación problemática se puede esquematizar como figura en la siguiente Tabla.

| SOLUCION DE PROBLEMAS        |                                        |                                                                                                      |
|------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modelo General               | Proceso de la Ciencia                  | Proceso de la Ingeniería                                                                             |
| -Comprensión del Problema    | -Lo considera como un fenómeno natural | -Detecta una necesidad                                                                               |
| -Descripción del problema    | -Describe el problema                  | -Describe la necesidad y formula el problema definiéndolo en forma amplia y sin detalles.            |
| -Planteamiento de soluciones | Formula hipótesis                      | -Plantea ideas y busca alternativas de solución.                                                     |
| -Selección de la solución    | Elige una hipótesis                    | Determina la solución optima de acuerdo con el contexto técnico-económico, el entorno y la sociedad. |
| -Acción                      | Experimenta                            | Especifica y elabora un prototipo.                                                                   |
| Evaluación                   | Se comprueba la hipótesis?             | -Prueba el prototipo                                                                                 |

Fuente: Layton David, pag.46 y Krick pag. 21, adaptado por el autor, ver referencias.



Como se aprecia en la tabla anterior, las diferencias entre ambos métodos de investigación son sutiles pero existen.

A pesar de la formación en ciencias básicas que se imparte en las facultades de ingeniería de alimentos, el egresado de pregrado no es un científico que esté en disposición o en actitud para plantearse problemas de la naturaleza que lo lleven a formular leyes y teorías.

El modelo seguido actualmente está histórica, epistemológica y ontológicamente agotado y no ha contribuido al desarrollo de las facultades de ingeniería de alimentos, al de las ciencias o al del sector agroalimentario del país.

Quienes emplean a los ingenieros de alimentos o si ellos conforman su propia empresa, lo hacen para generar nuevos procesos con menos impacto ambiental negativo, para la optimización de procesos aprovechando al máximo los subproductos, para el desarrollo de nuevos productos utilizando el inmenso potencial de nuestra biodiversidad; no por que sean un cúmulo de conocimientos científicos sino para que los lleven a la práctica y usualmente esto se concreta en la solución de un problema.

La propuesta consiste en incursionar definitivamente en el diseño como fundamento metodológico en el desarrollo de los trabajos de grado, materializados en hechos concretos y comprobados en la praxis, eliminando el nombre de científicos.

Se deben direccionar los Trabajos de Grado con base en la metodología de la ingeniería, buscando solución a los problemas reales de la sociedad que conlleven al desarrollo agroalimentario del país.

Lo anterior implica un cambio en los cursos de metodología y actualización de los profesores hacia una concepción tecnológica, lo cual implica un cambio de paradigma de lo “científico” hacia el diseño como tarea cognoscitiva capital en la formación del ingeniero de alimentos, conllevando a la formulación mental de futuros: procesos, estructuras, y productos alimentarios no existentes en el presente.

Esta propuesta se empieza a implementar en el Programa de Ingeniería de Alimentos de UNIAGRARIA, para lo cual se realizó un trabajo de campo tendiente a determinar o no su aceptación, en comparación con el método de la investigación científica. Se espera en un año concluir en un estudio comparativo que permita evaluar las bondades y las realizaciones de los trabajos de grado elaborados con la metodología del diseño y de necesidades del sector agroalimentario del país, que constituyen fundamentalmente la nueva propuesta. Esa comparación se realiza con el logro de indicadores tales como:

- Número de cambios comprobados realizados en los procesos.
- Número de empresas que surgen.
- Aprovechamiento real de las materias primas.
- Aprovechamiento real de subproductos.
- Optimización de los recursos energéticos.
- Número de nuevos productos diseñados en realización de utilización.



## Referencias Bibliográficas

- (1) PICHON RIVIERE, ENRIQUE, citado por Castañeda Juan; Métodos de Investigación, Mc Graw Hill, México; 1995; página 26.
- (2) LAYTON, DAVID; Technology's Challenge to Science Education; Open University; Oxford; 1993; página 46.
- (3) KRICK, E; Introducción a la ingeniería y al diseño en ingeniería; Limusa; México; 1997; página 47.
- (4) IBIDEM; página 45.
- (5) GALLEGO, ROMULO; Discurso Constructivista sobre las Tecnologías; Libros y Libres; Bogotá; 1995.



# EL COMPUTADOR, LOS MEDIOS AUDIOVISUALES MODERNOS E INTERNET EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN INGENIERÍA

*Fabio González y Efraín Barbosa*

*Universidad Nacional, Sede de Santafé de Bogotá*

## **RESUMEN**

En este trabajo se presentarán los resultados de las investigaciones realizadas por los autores haciendo énfasis especial en los logros de los tres últimos años. Estos resultados representan los logros de más de veinte años de trabajo continuo en investigación y docencia en Física, y en áreas relacionadas con diversas ramas de la Ingeniería. Se presentarán algunos ejemplos concretos mediante conexión directa a INTERNET. Además se pondrá a disposición de los participantes el material recopilado por los autores en un CD-ROM

## **1. NUEVOS RESULTADOS**

Hace tres años, en la reunión de ACOFI dedicada a la enseñanza de las ciencias básicas en Ingeniería, presentamos un modelo de cómo se deben utilizar los medios audiovisuales modernos en la enseñanza de la Física. Durante estos últimos años hemos incluido nuevos esquemas y hemos experimentado lo que expusimos aquella vez.

Tanto el computador, como los otros medios, están en un acelerado y permanente desarrollo, hasta tal punto que permiten hoy en día una interacción entre los actores del proceso enseñanza-aprendizaje a escala mundial cada vez más ágil. Esto está especialmente facilitado a través del uso de la red INTERNET. En esta reunión queremos mostrar algunos ejemplos nuevos de cómo hemos venido utilizando estos medios en los cursos de Física para los estudiantes de Ingeniería de la Universidad Nacional en la sede de Santafé de Bogotá.

Los trabajos realizados en el resto del mundo en materia de mejoras en didáctica de la enseñanza de las ciencias están disponibles en la red INTERNET y nosotros hemos utilizado dichos recursos, virtualmente gratuitos, para implementar cursos de Física, que además de conceptos puramente teóricos incluyen "laboratorios virtuales", a través de los cuales se pueden simular muchas situaciones que son o muy costosas, o muy difíciles, o imposibles de realizar en el mundo real. En esta oportunidad podemos mostrar a los participantes nuevos ejemplos de lo anterior.



## 2. PRESENTACIÓN GENERAL

Es importante señalar cual ha sido el desarrollo y cuales son las tendencias en este campo para poder dinamizar el proceso de enseñanza-aprendizaje, con el fin de adaptarse rápidamente y de esta manera conseguir un nivel de calidad adecuado a las necesidades de competitividad requeridas por la Ingeniería en el siglo venidero.

Uno de los aspectos más importantes que tratamos en nuestro trabajo es el de la visualización directa de fenómenos físicos que antes exigían para su comprensión por parte de los estudiantes e investigadores altos niveles de abstracción. En física atómica, por ejemplo, hemos estudiado detalladamente la interacción entre la radiación y la materia, logrando visualizar cosas que antes solo era posible por medio de la abstracción matemática, tales como la emisión de luz por parte de los átomos, la dinámica de las transiciones atómicas responsables de dicha emisión y el comportamiento de dispositivos optoelectrónicos tan importantes en la tecnología actual como el láser.

La experiencia ganada en todos estos desarrollos nos ha permitido incorporar otras aplicaciones más cotidianas en temas de Ingeniería y Meteorología. Tenemos a disposición de la comunidad académica simulaciones en todas las ramas de la Física, desde al oscilador armónico, las leyes de la mecánica, el movimiento planetario, la termodinámica, la electricidad y el magnetismo, la mecánica ondulatoria, la mecánica estadística, la mecánica cuántica, etc.

Desde hace más de veinte años hemos venido desarrollando simulaciones y software educativo, que en los últimos años hemos podido complementar substancialmente con la inmensa cantidad de aplicaciones desarrolladas en todas las partes del mundo por grupos similares al nuestro y a las cuales se tiene acceso gracias a la tecnología de INTERNET. Es tal el acopio de información que se tiene en la red, que se puede organizar fácilmente cursos completos sobre temas específicos incluyendo la teoría simulaciones de casos específicos, laboratorios virtuales y aplicaciones.

Un ejemplo es el que se refiere a un curso de Física General que está en la red, y cuyo autor es el español Angel Franco García. En el apéndice que sigue podemos observar que se tienen disponible un menú para ver dos temas con cinco subtemas diferentes. Escogido un subtema cualquiera como el descenso de un paracaidista, tenemos disponible la descripción teórica completa del problema con enlaces que nos permiten ir a un diccionario o a temas afines. También tenemos disponible un laboratorio virtual que nos permite observar una simulación del problema.

En la página de la firma Gamelan aparecen enlaces a trabajos de otros autores, los cuales son también muy similares a este que hemos escogido como típico. También prácticamente en cada una de las Universidades del mundo están apareciendo trabajos muy interesantes de este estilo y están disponibles mediante las conexiones a INTERNET

### Bibliografía

1. Angel Franco García, *Física con ordenador*, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>
2. Otros autores están listados en la siguiente página WEB:

<http://www.gamelan.com/directories/pages/dir.java.educational.physics.html>

**Apéndice:** Descenso de un paracaidista



# Descenso de un paracaidista



## Dinámica

Movimiento de una esfera en un fluido viscoso

Medida de la viscosidad de un fluido

▶ Descenso de un paracaidista

Movimiento de un sistema de masa variable

Movimiento de un cohete en el espacio exterior

## Cinemática

Movimiento de caída de los cuerpos

## Descripción

📖 Actividades

## Descripción

Cuando un paracaidista se lanza desde el avión suponemos que su caída es libre, el peso es la única fuerza que actúa sobre él, la aceleración es constante, y las ecuaciones del movimiento son las estudiadas en la sección caída de los cuerpos.

Cuando abre el paracaídas además del peso, actúa una fuerza de rozamiento proporcional al cuadrado de la velocidad. La ecuación del movimiento del paracaidista será

$$ma = mg - kv^2 \quad \text{con} \quad k = \frac{\rho A \delta}{2}$$

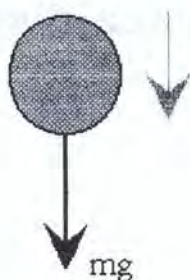
donde  $\rho$  es la densidad del aire,  $A$  es el área de la sección transversal frontal expuesta al aire, y  $\delta$  es el coeficiente de arrastre que depende de la forma del objeto, y  $v$  es su velocidad. En la siguiente tabla se proporcionan los coeficientes de arrastre para varios objetos

| Forma del objeto | Valor aproximado de $\delta$ |
|------------------|------------------------------|
| Disco circular   | 1.2                          |
| Esfera           | 0.4                          |
| Avión            | 0.06                         |

Como el paracaidista es menos aerodinámico que una esfera, pero más aerodinámico que un disco de frente, tomamos para el coeficiente de arrastre el promedio de los valores dados para estas dos formas en la tabla anterior, es decir,  $\delta=0.8$ . Aunque la densidad del aire varía con la altura, en este cálculo aproximado se utilizará su valor al nivel del mar de  $1.29 \text{ kg/m}^3$ .

## Caída libre antes de la apertura del paracaídas





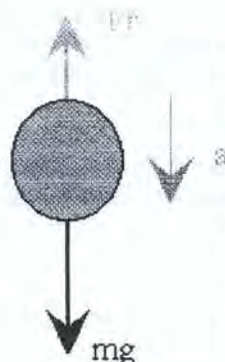
El paracaidista está sometido a la acción de su propio peso. El empuje del aire se considera despreciable ya que la densidad del aire es mucho menor que la del cuerpo. Por otra parte, consideramos que el rozamiento del paracaidista con el aire es pequeño. Las ecuaciones del movimiento serán

$$a=g$$

$$v=gt$$

$$x=gt^2/2$$

### Cuando se ha abierto el paracaídas



El paracaidista está sometido a la acción de su peso y de una fuerza de rozamiento proporcional al cuadrado de la velocidad.

$$ma=mg-kv^2$$

El paracaidista reduce bruscamente su velocidad hasta alcanzar una velocidad límite constante  $v_l$ , que se obtiene cuando el peso es igual a la fuerza de rozamiento, es decir, cuando la aceleración es cero.

El valor de la velocidad límite es independiente de la velocidad inicial del paracaidista en el momento de abrir el paracaídas. Así, se obtiene la misma velocidad límite, tanto si abre el paracaídas nada más saltar del avión, como si lo abre a mitad de camino entre el avión y tierra.

$$v_l = \sqrt{\frac{mg}{k}}$$

La ecuación del movimiento cuando se ha abierto el paracaídas la podemos escribir de la forma

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m}v^2$$

Integramos las ecuaciones del movimiento para obtener la posición y la velocidad del móvil en cualquier instante.

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{g - \frac{k}{m}v^2} = \int_0^t dt$$

se obtiene la ecuación de la velocidad en función del tiempo



$$v = v_i \frac{(v_0 + v_i) \exp\left(\frac{kv_i(t-t_0)}{m}\right) + (v_0 - v_i) \exp\left(\frac{-kv_i(t-t_0)}{m}\right)}{(v_0 + v_i) \exp\left(\frac{kv_i(t-t_0)}{m}\right) - (v_0 - v_i) \exp\left(\frac{-kv_i(t-t_0)}{m}\right)}$$

Podemos obtener también la expresión de la posición del móvil en función de la velocidad, haciendo un cambio de variable

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} v$$

La ecuación del movimiento se transforma en

$$v \frac{dv}{dx} = g - \frac{k}{m} v^2$$

Que se puede integrar de forma inmediata

$$\int_{v_0}^v \frac{v dv}{g - \frac{k}{m} v^2} = \int_{x_0}^x dx$$

Nos da la altura  $x$  del paracaidista en función de su velocidad  $v$ .

$$x = x_0 - \frac{m}{2k} \ln \frac{v_i^2 - v^2}{v_i^2 - v_0^2}$$

## Actividades

Observar que la velocidad límite que alcanza el paracaidista al llegar al suelo es independiente de la altura a la que abre el paracaídas.

Ensayar, por ejemplo, un paracaidista de 70 kg, cuyo paracaídas tiene 0.5 m<sup>2</sup> de área, y abre el paracaídas sucesivamente a las alturas, 2000, 1000, y 500 m sobre el suelo.

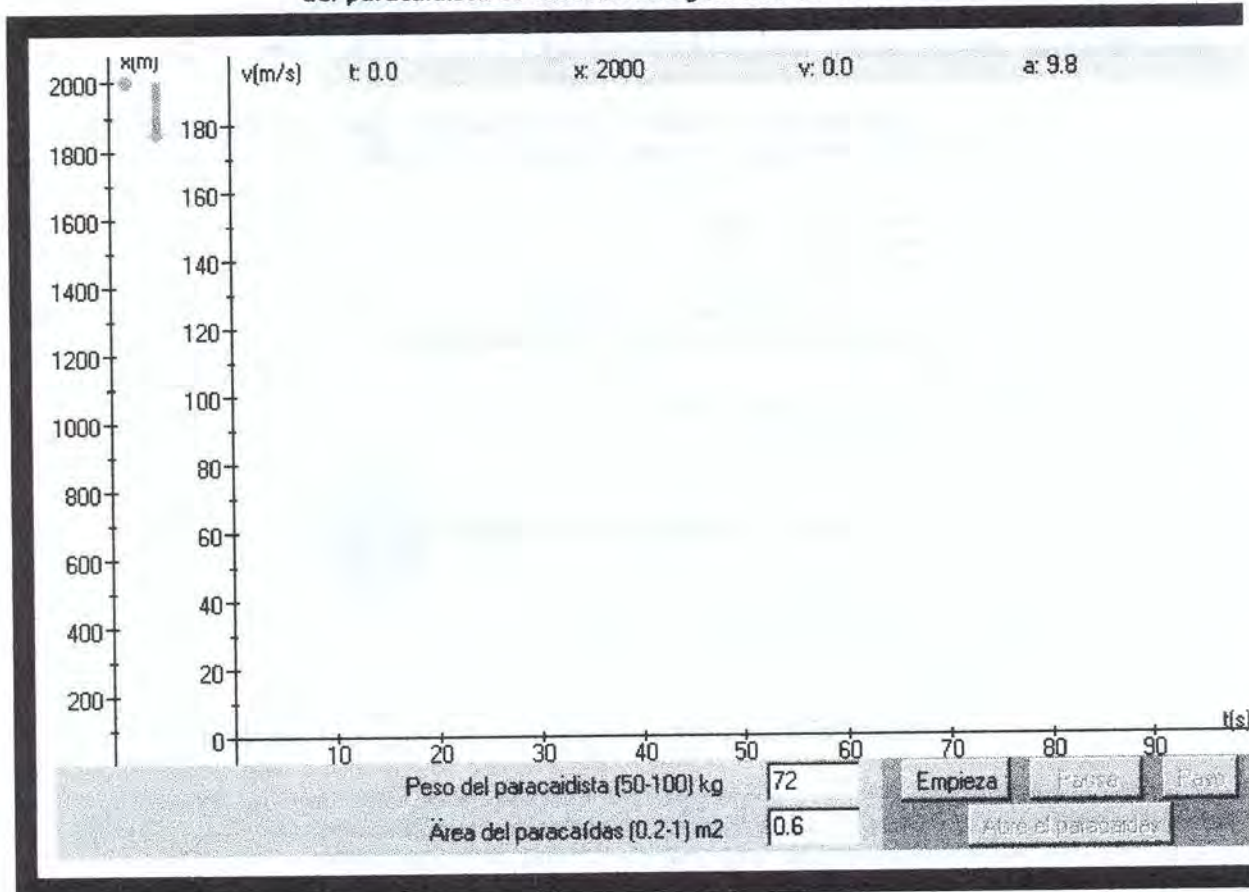
Hallar la dependencia del valor final de la velocidad con el peso del paracaidista y el área del paracaídas.

- Manteniendo constante el peso del paracaidista, incrementar el área del paracaídas
- Manteniendo constante el área del paracaídas, incrementar el peso del paracaidista.

El círculo rojo representa al paracaidista en caída libre, el mismo círculo



rodeado de un contorno de color azul indica que ha abierto el paracaídas. Al lado, se representa las fuerzas sobre el móvil, en color rojo la fuerza constante del peso, en color azul la fuerza de rozamiento proporcional al cuadrado de la velocidad. Cuando ambas flechas son iguales, la velocidad del paracaidista es constante e igual a la velocidad límite.



## Instrucciones para el manejo del programa

### Introducir

- El peso del paracaidista
- El área del paracaídas

### Pulsar en el botón titulado **Empieza**

Pulsar en el botón titulado **Abre paracaídas** para que el paracaidista frene su caída libre al abrir el paracaídas.

Pulsar en el botón titulado **Pausa** para parar momentáneamente la animación. Volver a pulsar en el mismo botón titulado ahora **Continua** para proseguir el movimiento.

Pulsar varias veces en el botón titulado **Paso** para observar el movimiento paso a paso.



# **FORMACION DE RECURSOS HUMANOS PARA LA INNOVACION Y EL DESARROLLO TECNOLOGICO EN COLOMBIA**

**Mauricio Duque, Alain Gauthier, Rafael Gomez, Jaime Loguerrero & Alvaro Pinilla**  
**Facultad de Ingeniería (CIFI), Universidad de Los Andes, Bogotá**

**Rafael Aubad, Hugo Lopez**  
**Corporacion CIDE, Medellin**

**Resumen:** El presente documento es un resumen condensado del estudio, en mención, elaborado por un equipo interdisciplinario de profesionales de la Corporación para el Desarrollo de la Investigación y la Docencia Económica (CIDE) y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes (CIFI). El estudio tuvo como objetivo general la evaluación de la oferta de recursos humanos en Ingeniería para responder eficazmente a la innovación y el desarrollo tecnológico.

Este documento presenta algunos de los resultados y recomendaciones emanadas del estudio en lo que respecta a la problemática de la educación superior en la formación de los ingenieros en Colombia. Hace una evaluación de las facultades de ingeniería y otros aspectos relacionados. Adicionalmente se trata sobre el mercado laboral de los ingenieros: inserción laboral y tendencias futuras -basado en una encuesta a 84 empresas- y el papel que cumplen los ingenieros en las firmas más avanzadas en materia de innovación técnica y tecnológica.

## **A. EDUCACION SUPERIOR Y FORMACION DE LOS INGENIEROS EN COLOMBIA**

La demanda laboral por personal con formación universitaria ha sido muy dinámica en Colombia, en particular durante los años noventa. No obstante, a pesar de sus progresos recientes, la respuesta del sistema educativo superior no ha sido la esperada (nuestra tasa de escolaridad superior es todavía modesta; un porcentaje creciente de bachilleres no logra ingresar al sistema). De manera paradójica, sobran cupos en el primer nivel, en especial en las instituciones menos consolidadas que son las que han aportado la mayor parte de la expansión de cupos en todas las áreas y en particular en la de ingeniería; existen sesgos por modalidades (la técnica/tecnológica, corta y económica, está subdesarrollada a favor de la profesional universitaria) y la sobreacción de la oferta de profesionales al alza en la demanda laboral de los noventa terminará por producir excesos futuros en ciertas áreas: caso de la ingeniería donde el número de graduados sobrepasa ya los estándares internacionales (ver sección B).



### **1. Baja tasa de escolaridad superior frente a la de otros países**

La tasa bruta de escolaridad superior se había más que duplicado entre 1970 y 1980; para 1990 había aumentado apenas un 33% hasta situarse en el 13.6%. Durante los noventa el país pudo elevarla considerablemente hasta el 17.8% en 1996. Sin embargo, Colombia, que superaba ampliamente el “patrón normal” de América Latina en la década de los setenta, fué perdiendo paulatinamente esta ventaja. En contraste se encuentra 12 puntos por debajo del patrón alto (30%).

### **2. La oferta educativa descansa básicamente sobre las universidades privadas**

La participación de las instituciones públicas en el alumnado superior se ha reducido tendencialmente: 54.5% en 1970, 40.9% en 1980, 39.7% en 1990, 33.2% en 1995 y 31.6% en 1996. Entre 1990 y 1995 la población estudiantil universitaria creció en 175.000 personas. Las instituciones oficiales no aportaron casi nada (el 15%); las privadas, en cambio, aumentaron su población estudiantil en 148.500 personas equivalentes al 85% del incremento del período. Lamentablemente, la expansión de la universidad privada no sólo ha sido acelerada sino desordenada. Entre 1960 y 1993 se multiplicó por 14 el número total de universidades de carácter privado. Proliferaron instituciones sin condiciones para ofrecer educación superior de calidad. En su gran mayoría los nuevos cupos se crearon en horario nocturno: el 45% de los estudiantes de pregrado en las universidades privadas está matriculado en jornada nocturna.

### **3. Y parece sesgada hacia carreras largas**

Entre 1982 y 1992 la educación superior se orientó progresivamente hacia carreras técnicas y sobre todo tecnológicas. Su importancia en el estudiantado matriculado de pre y postgrado pasó del 15% al 24%. A pesar del desatraso la cifra resultaba inaceptable para el grado de desarrollo alcanzado por el país. Naciones de desarrollo similar, situadas entre 1000 y 2000 dólares por habitante, exhiben un porcentaje mucho más elevado: 34,5%. No obstante esta tendencia se invirtió desde 1993: 20% en 1996 (del 8% al 5.5% en carreras técnicas; del 16% al 14% en tecnológicas). Los programas universitarios y, sobre todo, los postgrados han vuelto a ganar importancia. Naturalmente el alargamiento de la duración media de los estudios superiores eleva los costos por egresado.

### **4. En el área de la ingeniería, el crecimiento reciente de la población estudiantil ha sido muy elevado**

La población estudiantil en el área de la ingeniería creció en un 71% entre 1987 y 1996. La cifra es muy superior al de los indicadores económicos y demográficos del país y aún frente a estándares internacionales.

### **5. Exceso de ingenieros frente a los estándares internacionales**

El número de graduados en un año reciente, dividido entre el PIB del país y escalado por una constante apropiada es un indicador para efectuar comparaciones internacionales. Ese indicador sugiere lo siguiente:

-Para los países desarrollados, este indicador se toma como 1 para comparación. Tienen un número de ingenieros activos importante y una situación estable, lo cual lleva a su sociedad y a su aparato productivo a demandar un número moderado de ingenieros.

-En los países en vías de desarrollo, se ubica entre 2 y 8. Esos países están en proceso de crecimiento acelerado, teniendo un número de ingenieros activos considerablemente menor que



los países desarrollados con relación a su población. El número de ingenieros que se gradúan es considerablemente mayor con respecto al respectivo PIB.

-El caso colombiano sale completamente de los rangos encontrados, siendo 12 con respecto a países desarrollados.

## **6. Expansión dispareja por subáreas de la ingeniería**

La expansión de la población estudiantil en los programas de ingeniería ha sido muy dispareja por subáreas (crecimientos 1987-96 situados entre el 11% y el 202%). Algunas como, de claro impacto en el desarrollo básico del país han tenido un crecimiento muy modesto y otras excesivamente elevado. El bajo crecimiento del alumnado en ingeniería eléctrica, contrasta con las necesidades que, en infraestructura eléctrica, tiene el país. El de ingeniería electrónica ha sido muy acelerado (la población total de egresados se está duplicando cada 3 a 4 años). Muy probablemente esta formación está drenando estudiantes a la carrera de ingeniería eléctrica debido a una mala comprensión que sobre las similitudes y diferencias entre las dos formaciones tienen los estudiantes.

## **7. Inversión de la pirámide educativa superior.**

La pirámide de formación técnica, tecnológica y profesional se encuentra invertida. Internacionalmente esta composición entre las formaciones técnica, tecnológica y profesional se caracteriza por una pirámide, donde la base (formación técnica) es la más importante en tamaño. La formación superior colombiana en ingeniería no sigue ni al mercado laboral colombiano ni a las tendencias internacionales, pues trabaja con una pirámide invertida.

## **8. En la formación en ingeniería el mayor crecimiento ha sido aportado por instituciones de poca consolidación.**

En el año 1987 cerca de la mitad de los estudiantes de pregrado en ingeniería estaban en instituciones consolidadas; en la actualidad esta cifra ha caído a casi a un tercio y la mayor parte se encuentra concentrada en instituciones de consolidación media a baja. La mayor parte de los egresados futuros provendrán de instituciones de estas últimas.

# **B. EVALUACION GLOBAL DE LAS FACULTADES DE INGENIERIA.**

## **Orientacion de los programas**

### **1. La formación en ingeniería**

Desde hace ya algún tiempo, se vienen generando inquietudes, a nivel nacional e internacional, sobre la formación en ingeniería. Estas inquietudes cubren diversos temas: orientación y contenidos de las carreras, metodologías docentes, habilidades que se deben desarrollar, etc. Se suele mencionar aspectos como:

**Recarga de contenidos en los currículos.** La incorporación de conocimiento suele ser puntual (sin estudio crítico de su importancia en el currículo), e incremental (no implica desaparición de conocimientos previos).

**Carga académica.** La carga debe ir acorde con el esfuerzo que requiere el curso. Un plan de estudio con 6 ó 7 cursos por semestre es una carga pesada, ya que, implica una alta diversidad de



temas de estudio (el estudiante dedicaría entre el 17% y el 14% de su tiempo de estudio a cada curso).

**Claridad en los objetivos.** Aparte de saber algo, hay conciencia de por qué o para qué se aprende, cómo se integra al resto de temas de estudio.

**Falta de integración del conocimiento.** Un currículo debe conformar un todo integrado. Pero, la estructura de cursos tiende a encapsular el conocimiento.

**Aprendizaje descontextualizado.** El estudiante tiene diferentes motivaciones al elegir una carrera: interés por el tema, la proyección que le ve, la categoría que proporciona, etc. La motivación es por la carrera y no por las materias que la componen. Parte de la labor del profesor es mostrar la importancia y el interés del tema de estudio.

**Excesiva profesionalización.** Los currículos pueden tener sesgos hacia ciertas especialidades en desmedro de otras o de otros aspectos.

**Aspectos formativos.** La Universidad colabora en el desarrollo de diferentes aspectos de la persona, como son:

\*Conocimiento complementario. Un ingeniero puede necesitar conocimiento en disciplinas como Economía y Administración, Humanidades y Ciencias Sociales, y eventualmente otras (Derecho, Psicología).

\*Adquisición de habilidades. Entendidas como la capacidad de realizar ciertas actividades. En ingeniería: análisis y síntesis, modelaje, diseño, optimización, etc. En comunicación: expresión oral y escrita, trabajo en grupo, etc. Más generales: manejo del tiempo, toma de decisiones y aprender a aprender.

\*Desarrollo de actitudes. Entendidas como disposición hacia algo. Se puede incluir: responsabilidad social, conciencia ambiental, espíritu emprendedor, etc.

\*Reafirmación de valores. Entendidos como comportamiento deseable: ética, respeto por la diferencia, aprecio por el conocimiento.

\*Desarrollo de cualidades. Características positivas de una persona: la creatividad, la iniciativa, el liderazgo, pensamiento crítico y adaptabilidad.

## **2. Tendencias del medio laboral**

A lo antes expuesto se une lo que el medio laboral espera, o exige:

- La oferta de empleo incluye diversas actividades dentro de una ingeniería, no necesariamente en diseño, y los profesionales evolucionan durante su trayectoria laboral. Adicionalmente, los campos de acción se abren a otras disciplinas.
- La internacionalización implica ser competitivos con los ingenieros de otros países así como comprender su idiosincrasia.
- La capacidad de integrarse a un equipo es fundamental, de entender cómo piensan otras personas y la comunicación entre ellas. Otra dimensión es que suele haber trabajo interdisciplinario.
- Al ser los que más dominan la tecnología, buena parte de la responsabilidad en la creación de empresas recae sobre los ingenieros.



### 3. Orientación de los programas en Colombia

Con el fin de localizar los programas en Colombia en el contexto antes descrito, a continuación se presentan las características que los programas suelen presentar:

En cuanto a las alternativas de formación (tipos de formación: tecnólogos, ingenieros, y formas de los programas: nocturnos, no presenciales, etc.), se percibe una tendencia a no mezclar la formación de ingenieros con la de tecnólogos. Se considera viable mediando alianzas con instituciones especializada en esta formación. La situación en varios países de Europa es similar; el paso de una formación a la otra puede implicar exámenes o nivelaciones.

Se ve con interés a las especializaciones y maestrías. Pero no los programas nocturnos o no presenciales (excepto especializaciones).

En cuanto a la efectividad institucional, no es claro que exista la "racional" de cómo o por qué los currículos propuestos cumplen con los objetivos establecidos.

No hay formas muy definidas de controlar la calidad, ni de medir el nivel de logro de resultados. No es claro que se disponga de indicadores para mejorar la calidad y orientación de los programas.

En sistema de formación como un todo, faltan mecanismos para orientar a las universidades en cuanto a las necesidades del país y el estado del sistema.

En lo relacionado con metodologías de formación, faltan políticas a nivel de institución. Existen inquietudes e ideas pero faltan planes y actividades concretas. No suele haber aproximaciones novedosas e integrales al currículo, con propósitos claramente definidos, y basadas en hipótesis pedagógicas de soporte.

Con respecto a las características de la formación, los currículos están demasiado cargados, y muy basados en clase presencial. Lo que dificulta la asimilación y desarrollo de habilidades cognitivas.

El énfasis es más fuerte en la formación profesional que en la básica. No es muy marcado en las Sociales-Humanísticas. Es buena en lo básico, aunque profesionalizante: se le da mucha relevancia a los cursos de corte profesional.

No hay mucho campo para la formación interdisciplinaria (apertura a otras disciplinas, perfiles mixtos). Tampoco se abre mucho campo para ampliar las opciones profesionales. Esto ocurre porque la electividad es baja (tanto en lo profesional como en lo tocante a otras disciplinas). Lo cual impide generar diversos perfiles e incentivar aproximaciones interdisciplinarias. En consecuencia:

- No se enfrenta bien la diversidad de campos profesionales y de empleos.
- Auspicia el fraccionamiento de los títulos, y los currículos enciclopédicos.
- Le resta panorámica profesional al estudiante.
- Se genera una competencia con las especializaciones y las maestrías.

La capacidad informática se desarrolla pero no de manera institucional. El computador se usa en la formación de ingeniería (en cursos profesionales), pero no suele responder a un plan comprensivo de la institución, sino más a iniciativa personal de los profesores. No es claro su uso como herramienta pedagógica.



Algunos países han mostrado una baja en los aspirantes a ingeniería. Aunque no es la situación de Colombia, es un punto de cuidado, puesto que no sabemos si es una tendencia general que, eventualmente, pueda presentarse en el país.

Es notoria la inversión de recursos en Estados Unidos (grupos pequeños, pocos estudiantes por profesor, alto porcentaje de profesores de planta). Contrasta esto con la situación en Colombia. Por último, el número de profesores con doctorado en Colombia es notablemente inferior.

## 5. Síntesis

Las instituciones son conscientes de las grandes tendencias en la formación de ingeniería: el desarrollo de habilidades, la informática, la generación de conciencia, la formación interdisciplinaria, la importancia de la comunicación y el trabajo en grupo, el espíritu empresarial, el contacto con las empresas, etc.

Pero, una cosa es ser consciente y otra tener mecanismos efectivos y adecuados para lograrlo. Se realizan actividades, pero no parecen haber sido completamente asimiladas en el currículo; todavía no se ha dominado el cómo hacerlo.

Para esto, es necesario aproximarse al currículo como un todo compuesto por cursos, metodologías, profesores y materiales, y hacer una planeación integral. Debe estar claro el objetivo perseguido, la forma de lograrlo y la evaluación.

Los currículos son “conservadores”; hay poca experimentación y su estructuración y metodologías son bastante clásicas. Tienden a estar más basados en la enseñanza que en el aprendizaje, en la instrucción más que en la formación, en la asimilación más que en la comprensión.

La estructura es bastante normativa; el estudiante dispone de pocas oportunidades para acomodar el currículo a sus objetivos, más bien es al contrario. No hay mucha oportunidad para definir diferentes perfiles en la misma profesión o entre profesiones.

Algunos de los aspectos que se dan se deben más al azar que a la planificación; se dan porque el contexto es propicio, esto es peligroso porque no se posee control sobre el suceso.

Los medios utilizados también son bastante clásicos; la tecnología juega un papel marginal. No se trata de aceptar la tecnología como una panacea, pero sí de incorporarla al quehacer docente. Es notorio el rezago en la formación a distancia, lo cual, en parte, se explica por esto. También es cierto que hay una cierta reticencia hacia la formación a distancia para el pregrado, pero esto no excluye su uso en otras actividades docentes: especializaciones, educación continuada, o, incluso, conferencias y seminarios aun en el contexto del pregrado.

En las actividades de mejora, el énfasis está en el desarrollo del estudiante y poco en el del profesor: es necesario pensar en la capacitación pedagógica, profesional y en investigación del profesor. Se debe resaltar que se detecta como un punto débil la dedicación laboral y el nivel de preparación académica de los profesores.



## **Relaciones Universidad-Empresa**

En el aspecto de formación de los recursos humanos para la innovación y el desarrollo tecnológico, debe existir una relación entre los centros de formación y el sector externo que recibirá a los formados. La premisa es que, mientras más y mejores relaciones existan entre los centros de formación y el sector externo, hay beneficios para todos: los egresados pueden cumplir con los objetivos propuestos de avanzar en el desarrollo tecnológico, se favorece el desarrollo de innovaciones y se aumenta la competencia del sector industrial y de servicios.

En los países desarrollados se estima que el desarrollo en tecnología está ligado, al menos en parte, a esta relación que favorece al sector universitario permitiéndole ser efectivo gracias al subsidio del sector externo (Estado y el sector privado), y que permite una apropiación del conocimiento.

### **1. Relación oferta - demanda.**

Una forma de describir las relaciones entre el sector externo y el universitario consiste en considerar al sector externo como un sector que necesita suplir necesidades en: preparación y formación de profesionales, adaptación, puesta a punto y actualización de la tecnología, solución de problemas puntuales en la actividad de la empresa y fortalecimiento para desarrollo tecnológico e innovación.

La universidad colombiana tiene la posición de oferta y ofrece al sector la educación superior de los profesionales y no está supliendo correctamente la demanda de los otros servicios.

### **2. Contactos Universidad -Sector Externo**

Se puede tipificar los contactos por los objetivos perseguidos:

Objetivo Académico: contactos con el sector externo para orientar la planeación a mediano y largo plazo de la actividad académica y otras actividades consideradas importantes y estratégicas para la universidad; realización de proyectos de grado o tesis con la industria; prácticas empresariales; visitas cortas de los estudiantes.

Prestación de servicios de medición certificada independiente, asesoría o concepto ingenieril imparcial:

Educación. Educación continuada, especializaciones, educación corporativa, programas universidad empresa.

Desarrollo e innovación en tecnología. Grandes proyectos de infraestructura, convenios universidad industria, pasantía de profesores en la industria, convenios interinstitucionales.

### **3. Diagnóstico**

En general, las empresas no están dispuestas a trabajar con los profesionales nacionales a nivel de tecnología considerada alta.

Unas pocas universidades están haciendo un esfuerzo por establecer relaciones con las empresas y están teniendo éxito en esta labor. Esto indica que en el pasado su actitud era la contraria.

En cuanto a innovación y desarrollo tecnológico nativo se concluye que es muy escaso:

En el caso de las universidades los recursos han sido muy escasos, COLCIENCIAS no aporta cifras adecuadas en el área de tecnología y la industria no aporta tradicionalmente recursos a las universidades para este fin.



En el caso de la industria hay una apatía casi total a destinar recursos en el desarrollo de tecnología o asignación de dineros como capital de riesgo.

Claramente las universidades subsidian al sector externo en muchas de las pocas actividades relacionadas con Investigación y Desarrollo. En el caso de las universidades públicas el Estado es la fuente de financiación, en el caso de las privadas el dinero sale de los ingresos de la universidad.

Se concluye, sin embargo, que hay una tendencia al fortalecimiento de las relaciones debido al cambio de actitud de una fracción de la academia hacia el sector externo. Se ha entendido que los profesores y los estudiantes son quienes juegan el papel protagonista en el momento de la realización de los contactos y el desarrollo de las relaciones entre la universidad y el sector externo.

#### **4. En síntesis.**

El nivel de cooperación es realmente bajo. Sin embargo, empieza a haber actividad, sin ser por ello suficiente, gracias a un cambio de actitud de los protagonistas. Ahora, esta buena actitud, requiere la generación de infraestructura y el aporte de fondos que permitan el desarrollo armónico de las actividades.

Como causas del bajo nivel de actividad se pueden mencionar:

- Buena parte de las universidades no tienen experiencia de relaciones con el sector externo y desconocen las posibilidades de interacción.
- Inseguridad sobre el posible beneficio común de estas acciones.
- Falta de experiencia laboral de los académicos en la industria.
- Desconfianza y apatía de la industria hacia las universidades.
- Falta de tradición en arriesgar capitales hacia la innovación y desarrollo tecnológico.
- Esquemas inadecuados para fomento de inversiones de riesgo en innovación y desarrollo tecnológico asociadas a la universidad.
- Deficiencias en infraestructura tecnológica de las universidades.
- Deficiencia en personal capacitado para investigación en universidades y empresas.

#### **Acreditación de programas**

##### **1. Número de programas en proceso de acreditación.**

En la actualidad el Consejo Nacional de Acreditación ha recibido solicitud de más de un centenar de programas académicos de diversas universidades del país, para ingresar al Sistema de Acreditación Nacional. Del total de solicitudes de acreditación, 35-40 de ellas son de programas de pregrado en ingeniería.

Debido a la naturaleza confidencial con que se ha diseñado este proceso, no se puede saber con certeza el número preciso de programas en proceso de acreditación.

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) ha desarrollado el programa SAAPI para la acreditación de programas de ingeniería, y como programa piloto se ha aplicado a tres instituciones en Colombia con éxito.



El proceso de acreditación nacional se encuentra en un estado "transiente".

El sistema de acreditación no ha podido responder a las expectativas del país, sin embargo se debe reconocer que lleva en proceso de maduración solamente tres años y que con la colaboración de académicos posiblemente el sistema responda más activamente.

En cuanto al programa SAAPI de ACOFI, por el momento no tiene un reconocimiento del Estado.

## **2. Esquemas existentes.**

Los esquemas existentes de acreditación de programas de ingeniería de varios países se enmarcan en cuatro diferentes enfoques. Ellos son: 1) El muestreo (inventario) de recursos disponibles de un programa para garantizar una efectiva labor educativa en el ámbito superior; 2) Aplicación de criterios institucionales para evaluar programas académicos; 3) Confrontar los recursos disponibles de una institución y programa contra unos valores mínimos para evaluar la calidad de la educación superior; 4) Valoración de los recursos disponibles de un programa, junto con la medición de la efectividad educativa a través de los resultados esperados en los egresados de un programa específico.

## **3. Carácter estatal de la acreditación en Colombia.**

En Colombia, la acreditación de programas esta bajo el manejo directo del Estado, sin aglutinar las agremiaciones profesionales y la industria, organizaciones que pueden realizar aportes importantes al proceso. En el caso del CNA, sus miembros son académicos. Es de resaltar que la propuesta realizada por ACOFI, en lo que respecta al Consejo de Acreditación en Ingeniería (CAI), propone que sea un consejo de carácter privado, indudablemente con el aval estatal, y que aglutine la industria, las agremiaciones y la academia.

Los esquemas más maduros de acreditación de programas, son manejados por agencias de carácter privado, con el aval del Estado.

## **4. En síntesis.**

En Colombia, la acreditación de programas apenas está empezando, en consecuencia aún no se puede decir mucho sobre su efectividad. Es conveniente que, en el más corto plazo, el CNA se apoye en agremiaciones privadas, y que considere la posibilidad de delegar, al menos parte del proceso de acreditación, en otras instituciones.

## **Iniciativas para mejorar la calidad**

En Colombia, en opinión de la mayoría de las universidades, el mejoramiento de la calidad pasa esencialmente por mejorar la formación de los profesores.

La gran mayoría de las universidades describen las siguientes acciones para mejorar la calidad: mejorar la formación académica de los profesores, políticas de contratación de profesores con títulos de postgrados, mejora de la docencia a través de grupos de trabajo de profesores.

Este punto es efectivamente fundamental dado el déficit en profesores con formación de postgrados, especialmente con formación doctoral.

En los países desarrollados (Comunidad Europea, USA) las iniciativas para mejorar la calidad buscan principalmente los siguientes objetivos:



Responder a la Globalización: intensificación de la formación en idiomas, pasantías en el extranjero de profesores y estudiantes, equivalencias de diplomas, ...

Métodos pedagógicos nuevos para desarrollar en los futuros ingenieros capacidades de trabajo en equipo, flexibilidad, comunicación personal, integración del conocimiento de diferentes disciplinas, métodos electrónicos de educación a distancia,

Acercar Empresas y Universidad, mejorar la capacidad de innovación de los sistemas, adaptación de la formación a las exigencias de la sociedad, pasantías en las empresas...

Favorecer la formación permanente a lo largo de la vida, para responder a las necesidades de las empresas (rapidez del cambio tecnológico) y de los empleados (promoción profesional, desempleo).

Formación de Tecnólogos.

No se observa una actividad particular con relación a este aspecto en los países desarrollados. Pero el problema no existe porque las formaciones de tecnólogos están ya bastante desarrolladas.

Tecnología e innovación.

Las iniciativas para fomentar la innovación pasan por otros caminos que la formación de recursos humanos:

- Financiación gubernamental de la investigación básica de ingeniería.
- Incitar a la movilidad de los investigadores.
- Tomar en cuenta otros criterios, además de los académicos, para la evaluación de los investigadores.
- Reforzar dispositivos en favor del empleo científico y técnico.

Obviamente en estos países existen ya sólidos programas de formación doctoral y centros de desarrollos tecnológicos en relación con la industria.

Síntesis.

El diagnostico anterior ilustra la diferencia de problemas y soluciones propuestas que existe entre países desarrollados y Colombia.

En Colombia tenemos que subsanar deficiencias básicas en el sistema de formación tecnológica.

Pero también podemos aprovechar este período de cambio para utilizar algunas de las iniciativas en curso en el exterior.

## **C. EL PAPEL DE LOS INGENIEROS EN LA EMPRESA: RESULTADOS DE UNA ENCUESTA A EMPRESAS DESTACADAS TECNOLOGICAMENTE.**

### **1. Importante cambio técnico pero con ausencia de un Sistema Nacional de Innovación.**

A nivel general, el balance que arrojan los indicadores del ambiente de innovación y desarrollo del sector productivo colombiano más destacado tecnológicamente, es en conjunto positivo. Debe ser muy tenido en cuenta por las universidades en el sentido de que las empresas más importantes



del país hacen grandes esfuerzos de actualización tecnológica; estamos asistiendo a una importante reconversión en este sentido, que exige mucha flexibilidad curricular. Sin embargo, existen dos indicadores de dicho ambiente que llaman a reflexión desde el punto de vista de las características bajo las cuales ocurre tal cambio: *la ausencia de flujos nacionales de conocimientos tecnológicos y la pobreza de ingenieros con altos niveles de formación*. El papel de la capacidad científico nacional en la rápida transformación tecnológica de la producción que se ha vivido en los últimos años, es bien marginal, particularmente de la capacidad institucional (Centros de Desarrollo Tecnológico, Universidades y de las mismas Unidades o Programas de I+D en las empresas). Esto plantea grandes retos para una política de fortalecimiento de las capacidades del país en innovación y desarrollo tecnológico.

## **2. En este modelo las demandas cognitivas a los ingenieros se limitan a lo más funcional y las empresas mismas los capacitan.**

Los conocimientos mas corrientemente demandados a los ingenieros tienen que ver con imposiciones desde el modelo de cambio técnico dominante. Demandas de conocimientos sobre: productos amigables con el medio ambiente, catalizadores o insumos nuevos que la máquina exige en su operación, nuevos materiales incorporados a los productos, biodegradables, reciclables; caracterización e incorporación de nuevas materias primas.

Lógicamente, también conocimientos mas avanzados para un mejor control y operación del proceso: informática, automatización y electrónica, los componentes contenidos en la nueva máquina. También gestión, organización de procesos, logística. Tareas propias de los sistemas de producción en la incorporación de lo nuevo. No se habla por los entrevistados de su desarrollo y donde y cómo se podría hacer.

Los conocimientos para incorporar, adaptar o negociar máquinas con tecnología de proceso, insumos o productos, autocontenidos en la máquina misma, se adquieren mucho por las empresas mediante capacitación de los proveedores, capacitación interna con los ya capacitados, asistencia a ferias, visitas a plantas con procesos y productos similares y con máquinas como las que se quieren incorporar. En este contexto es obvio en consecuencia, que muy poco se recurra a la universidad que no sabe mucho en específico, de esa máquina o ese proceso. (si es su responsabilidad saber mucho sobre esto?) y tampoco a los CDTs.

Los ingenieros deben enfrentar en consecuencia, distintas actividades de incorporación tecnológica, por lo cual parece conveniente una buena formación en gestión tecnológica. Resulta también claro que muchos de los conocimientos que el modelo de cambio técnico demanda, podrían ser mejor cubiertos y con una respuesta más rápida del sistema de formación, con tecnólogos de muy buena calidad.

## **3. El sector productivo insiste más en la necesidad de mejorar significativamente las competencias y habilidades generales.**

Las encuestas mostraron la gran importancia que otorgan las empresas a este aspecto. Agrupadas en orden a la prioridad que les asignan, surgen tres grupos:

- El primero, incluye las habilidades para interactuar con otros profesionales, la responsabilidad profesional y ética y el continuo aprendizaje;

- El segundo grupo incluye las habilidades para innovar, investigar y desarrollar;



-Y el tercero, las habilidades técnicas y capacidad para aplicarlas y la educación para entender el impacto de las decisiones.

Es en estos aspectos que los empresarios insisten y manifiestan una gran insatisfacción con la situación frente a ellas, de los ingenieros vinculados a las empresas. El modelo de enseñanza-aprendizaje de las universidades, en cuestión.

#### **4. En resumen: las actividades de los ingenieros en la empresa demandan una adecuada formación integral.**

Las demandas de capacidad para gestionar los proyectos de cambio técnico y de contar con muy altas calificaciones en habilidades y competencias generales, llevan implícita la capacidad para administrar proyectos y productos. Si a ello agregamos lo esencial del ser del ingeniero, la conceptualización, el diseño y la construcción- lo menos demandado en el modelo de cambio técnico dominante, pero lo irrenunciable en la buena formación del ingeniero es claro que la formación integral del ingeniero resulta a la orden del día. Y le plantea a las facultades de ingeniería el tema del equilibrio y modalidades en los planes de estudio, para incorporar estas necesidades. Y sobre cómo integrarlas de manera coherente como sistema y no como "cursos" sin relación y contexto (el ambiente de lo que realmente ocurre en el sector productivo y en la sociedad).

Pero debe tenerse presente y ello incide en la forma como el Sistema de organización curricular se jerarquiza por programas, que las distintas ingenierías no ocupan el mismo rol dentro de las actividades de la empresa. Los resultados de las encuestas muestran claras preferencias por los ingenieros mecánicos, industriales y eléctricos para desarrollar las actividades técnico-económicas; por los industriales y de sistemas, para las financiero-administrativas; y para I+D, los más demandados son los químicos, mecánicos e industriales.

#### **5. Una ingeniería tradicional y sectorial.**

Las ingenierías tradicionales concentran los mayores porcentajes de ingenieros vinculados. Los industriales, de sistemas, electrónicos, mecánicos, eléctricos, civiles y químicos (y en ese mismo orden es su peso relativo), representan el 92.4% del total de ingenieros ocupados en las empresas encuestadas.

Y si agregamos los administrativos y de producción, ahí tenemos el 96% de los ingenieros de las empresas.

De otro lado, el peso de la ingeniería es muy sectorial y con preeminencia de pocas ingenierías según sector:

- En la industria, los ingenieros mecánicos, industriales y químicos representan cerca del 60% de la ingeniería de la rama.
- En la rama terciaria los ingenieros más ocupados son los de sistemas, electrónico e industriales, que representan el 75% del empleo de ingenieros.
- En el sector de electricidad, gas, agua, petróleo y construcción, el civil y el eléctrico representan el 54%.



## **6. Unos ingenieros con poca formación de postgrado.**

Es muy baja la importancia de ingenieros con *estudios de postgrado* y muy particularmente con maestría y doctorado, en el empleo. Cerca del 76% de los ocupados, sólo tiene nivel de pregrado; el 20% es especialista y apenas el 4% cuenta con mayores niveles.

Sorprende que dichas participaciones sean aún más bajas en construcción; electricidad, gas, agua y petróleo; minerales no metálicos; metales básicos y metalmecánica. Sectores donde la ingeniería es bien importante en el empleo y donde la competitividad es crucial por lo que significan en nuestra economía. Y por el contrario, en el sector de comercio, transporte y comunicaciones el número de especialistas es igual al de profesionales y la participación de quienes tienen maestría o doctorado, más que duplica el promedio general.

Cuáles son los ingenieros que relativamente parecen preocuparse más por la formación de postgrado? Un indicador al respecto es comparar la distribución del empleo de ingenieros con sólo título de pregrado y la de quienes tienen alguna formación de postgrado.

Las distribuciones son más o menos similares para los ingenieros industriales, de sistemas y de producción. No estudian relativamente ni más ni menos que la forma como se sitúan en el empleo de ingenieros con pregrado. En cambio, llama la atención la baja participación en los postgraduados, de los ingenieros civiles, eléctricos y electrónicos, siendo mucho menor su importancia que su participación en los ocupados con pregrado. Parecería que a más especialización de la formación de pregrado menos demanda por estudios de postgrado.

## **7. La empresa con capital extranjero no parece tan atractiva como ambiente de innovación.**

Algunos indicadores llaman la atención en las respuestas de las encuestas de las empresas con capital externo: prefieren más que las nacionales la capacitación con personal contratado, externo a la empresa; las proporciones de ingenieros con títulos de especialista y maestría y doctorado, son menores; lo mismo que la proporción de las que tienen unidades de I+D; y existen mayores diferencias salariales entre los tipos de ingenieros, que en el conjunto de las empresas consideradas en el estudio.

En cuanto a las calificaciones en habilidades y capacidades que poseen los ingenieros vinculados en este grupo de empresas, se encuentra una diferencia con relación al conjunto: le otorgan unas mejores calificaciones. Y una mayor satisfacción con las habilidades para aplicar conocimientos de matemática, ciencias e ingeniería apropiados. Se conoce que los sistemas de selección de personal en estas empresas son más exigentes.

Una reserva. Los resultados de las encuestas nos llevan a concluir que las empresas de nuestro medio que tienen participación de capital externo, sean grandes transferidoras de conocimientos y habilidades y demandantes de trabajo más calificado. La I+D, tiende a ser muy reservada para los países de origen de ese capital.

## **D. RECOMENDACIONES GENERALES**

**1. Necesidad de un buen sistema de información de calidades institucionales y programas y de condiciones laborales.**



El mercado educativo está sometido a graves fallas de información. A falta de información adecuada funciona mal o se ajusta muy lentamente a las exigencias del medio laboral. Los aspirantes y sus familias toman sus decisiones de demanda educativa prácticamente a ciegas y las instituciones las suyas, de oferta, también de manera sesgada en cuanto a las grandes tendencias de la demanda social por programas y en cuanto al contenido de cada uno. Las instituciones públicas lo hacen usualmente basadas en la tradición y en las sugerencias de los docentes; las privadas pueden basarse en el comportamiento de los aspirantes, pero pueden tratar también de manipularlos orientándolos hacia las carreras de más fácil montaje y de mayor rentabilidad de oferta.

Estas fallas de mercado se amplifican por la duración de las carreras universitarias. Desde el momento en que el medio detecta la necesidad de un cierto tipo de ingeniero, hasta que puede disponer de él, fácilmente pueden transcurrir 5 años. Igualmente, si en algún momento el mercado se satura de un tipo de ingeniero o necesita cambiar su orientación, cuando el medio empiece a enviar mensajes negativos, habrá 10 semestres acumulados de ingenieros que difícilmente se reorientarán a otras carreras. Por eso se producen en el mercado laboral excesos de oferta y déficits de demanda duraderos que se corrigen sólo paulatinamente con el paso del tiempo.

La primera alternativa a las fallas del mercado de información es la planificación central compulsiva o indicativa. Pero esta planificación suele fallar pues requiere, justamente, la misma información de que carece el mercado. De hecho, los modelos de planificación y previsión de recursos humanos han sido un fracaso en casi todas partes y, eso en razón directa de su grado de desagregación. En Colombia este ha sido el caso del "modelo de planeación de recursos humanos Sena-Holanda", cuyos defectos (su excesiva pesantez, su desfase con la realidad, y su escasa utilización) fué señalada por la Misión de Modernización que examinó esa entidad en el pasado

Por eso, frente a la opción de orientar centralmente las carreras a promover y las que deben desalentarse, la alternativa es dotarse de un sistema de información oportuno y transparente sobre la calidad relativa de las diversas instituciones y programas y sobre las tendencias cambiantes del mercado laboral que pueda guiar la demanda de los aspirantes y, por tanto, también la de las instituciones de educación superior. Ese sistema sería un complemento indispensable al crédito estudiantil.

En materia de orientación del sistema por tipos de carreras, casi todos los países han confiado en el mercado: son los estudiantes -con base en las señales del mercado laboral- quienes deben decidir las carreras de sus preferencias. Pero al mercado se le puede ayudar con un buen sistema de información. En los EEUU la información sobre la calidad comparativa de las diversas universidades y programa es tan corriente que hasta la prensa la puede publicar. Para ejemplo la guía periódica (*America's best graduate schools*) que publica el *U.S. News* sobre las universidades americanas.

Así las cosas la primera recomendación es desarrollar un sistema de información que permita enviar el mensaje lo más pronto posible a las instituciones y a los estudiantes. Este sistema debe permitir:

-A las instituciones: identificar los programas que se están saturando o se están volviendo de poco interés para las empresas; aquellos en que hacen falta estudiantes; las tendencias regionales; los programas de poco interés para los estudiantes; prever necesidades futuras e identificar la aceptación del medio por los egresados de un cierto programa (lo cual se constituye en un juicio



de su orientación y calidad). En suma, les permitiría evaluar la creación, o reorientación, de programas con antelación y, también, prever disminución o aumento de la demanda en algunas carreras.

- A los estudiantes: identificar las carreras con mejores oportunidades laborales (presentes y futuras); las carreras en proceso de saturación; tomar riesgos calculados con carreras de poca demanda; evaluar la aceptación de programas similares de diferentes instituciones y orientar su preparación dentro de una carrera

- A los organismos de planeación (estatal o privados), les permitiría descubrir crisis, desbalances peligrosos entre diferentes áreas o carreras, adecuación de la orientación de los programas, concordancia con las políticas nacionales, etc., es decir: identificar carreras que necesitan impulso (o cuyo desarrollo debe ser desincentivado); identificar tendencias en las empresas. No se debe tratar solamente de una foto estática de la situación en un momento dado, sino también de su evolución, tendencias y diferencias regionales. Igualmente, debe permitir el análisis en diferentes agrupaciones: toda un área, los programas de una universidad, un programa sobre todas las universidades, etc.

## **2. Información sobre calidades comparativas de los programas**

Dado que la acreditación no es un sistema calificadorio de los programas ni de las instituciones (su propósito es garantizar que las instituciones cumplan con su misión y sus objetivos y que se comprometan con procesos de mejoramiento continuo), hay que establecer sistemas expeditos de información sobre calidades de los programas. Uno de ellos, que puede ser ensayado experimentalmente en el área de ingeniería, es contratar con firmas externas el diseño rápido de puntajes para los diversos programas que existen en el país.

Paralelamente hay que complementar el anterior sistema con uno especializado de intermediación e información laboral para profesionales.

Los egresados del sistema postsecundario (también los del área de la ingeniería) requieren un sistema especializado de intermediación e información laboral y, ello por tres razones

- Primera: porque un buen sistema de intermediación laboral permite combatir el desempleo friccional y aumentar la productividad laboral. Es decir, permite reducir el tiempo de búsqueda y, por esa vía, la tasa de desempleo de los egresados. Permite, además, aumentar tanto los salarios obtenidos por los ocupados como la productividad de los mismos en las empresas.



## E. RECOMENDACIONES SOBRE LA FORMACION EN LAS FACULTADES DE INGENIERIA

### 1. Orientación de la formación universitaria.

La universidad debe preparar, dar la oportunidad de formarse, para los diferentes perfiles y tipos de trabajo que el medio requiere.

Como se mencionó anteriormente, parte de la explicación del crecimiento del número de programas es la excesiva profesionalización de los currículos. Si a esto adicionamos la variedad de perfiles profesionales, la diversificación de los empleos para ingenieros, la importancia del trabajo interdisciplinario, la trascendencia que se le otorga al desarrollo de capacidades, llegamos a la conclusión de que se debe favorecer una formación de ingeniería más básica, más general e interdisciplinaria, más flexible; dejando la especialización para los postgrados.

Un ejemplo de esto es el énfasis que se hace actualmente en diseño; la formación está claramente **centrada en diseño** de ingeniería, pero, dadas las labores que efectivamente realizan la mayor parte de ingenieros, podría ser adecuado abrir la posibilidad de otros perfiles (ingeniero administrador, ingeniero asesor técnico, etc.).

A estas afirmaciones se suele argüir que eso es **válido en otros países más desarrollados**, pero no en Colombia donde no existe una buena "red" de postgrados. Sin embargo, eso empieza a no ser cierto; ya hay varios postgrados, y algunos de ellos no tienen el grado de ocupación que podrían soportar. Adicionalmente, más instituciones están pensando en abrir programas de magister. Por último, planteando el problema al contrario, sería una forma de impulsar el desarrollo de la red de postgrados al tener un mayor público interesado.

a. La creación de un nuevo título de pregrado no debería ser una tarea fácil.

Debería solicitarse el mostrar por qué o para qué es necesaria, o estratégica para el futuro, etc. La comunidad universitaria y profesional debería participar en este tipo de decisiones. Con esto se tendería a favorecer que los títulos actuales cubran más perfiles, y no que exista un título por posible perfil profesional. Ahora, esto no quiere decir que los currículos deben cubrir todos los perfiles, sino que deben ser flexibles para permitir varias posibilidades de formación en una sola carrera.

Las asociaciones profesionales deberían propender por formaciones más básicas, y, también, colaborar en generar la conciencia, en los profesionales en general y en los empleadores en particular, de que los postgrados son una exigencia natural (especialmente para labores de ingeniería avanzada).

Se debe tener presente que al aumentar la cantidad de estudiantes que quieren realizar un magister se facilitará la creación de nuevos programas de postgrado. De todas maneras, el magister es necesario para el desarrollo de la investigación y para el adecuado soporte de las relaciones con la industria.

b. Los procesos de acreditación deberían reconocer y favorecer el desarrollo de la flexibilidad de los programas, respetando las particularidades de las instituciones y de los programas.

En concreto, se deben favorecer currículos:

- Con una sólida formación básica. Una comprensión de los aspectos fundamentales de la ciencia y la ingeniería que le permitan al estudiante evolucionar y asimilar nuevos



conocimientos. Que entrenen su capacidad de análisis y le proporcionen herramientas teóricas poderosas.

- Flexibles en su orientación profesional. Que permitan la generación de diversos perfiles profesionales, que sean fácilmente adaptables a los cambios tecnológicos, a la sintonía con el medio. Este es uno de los puntos donde se puede aprovechar para realizar contactos con el sector productivo: electivas dictadas por profesionales del medio.
- Flexibles en la formación complementaria (socio-humanística y técnica). Para favorecer una formación integral e interdisciplinaria, una conciencia de su papel en la sociedad y su responsabilidad para con ella, un conocimiento de su medio. Esto es especialmente importante en un país en crisis como el nuestro, que necesita ciudadanos socialmente responsables. También abrir la posibilidad de dirigir la actividad profesional a otros dominios menos tradicionales. En el aspecto técnico también se debe incluir un dominio de la informática y la automatización, así como aspectos administrativos y de gestión.
- Con una fuerte componente formativa (en contraposición con informativa). Este punto incluye incorporar el desarrollo de las competencias que la industria requiere. En la encuesta a empresas (capítulo 5), se mencionaron las siguientes: habilidades de expresión, matemáticas aplicadas a problemas concretos, capacidad de pensar, capacidad de emplear recursos en función de los objetivos buscados, capacidad de trabajo en grupo, liderazgo, capacidad de identificar, evaluar y procesar información, creatividad. Por supuesto, esto requiere de aproximaciones metodológicas novedosas, que favorezcan dichas actitudes en el estudiante y entrenen sus habilidades en esa dirección.
- Con generación de conciencia ambiental, social, ética. Incorporada como parte integral del currículo y no como cursos aislados. Que exista una verdadera asimilación de estos temas al desempeño profesional.
- Con integración de conocimiento y habilidades. Evitar los “compartimientos estancos”; que el estudiante tenga la oportunidad de integrar conocimientos de diferentes áreas, y ligarlos con la práctica de las habilidades adquiridas.
- Descongestionados. Currículos que se centren en lo fundamental, en contraste con currículos enciclopédicos. Que permitan una adecuada asimilación del conocimiento.

Por supuesto, lo anterior requiere de una planificación del currículo como un todo. Esto incluye la definición de los objetivos globales de formación del currículo (contenidos, habilidades, valores, actitudes), los medios para lograrlos (las metodologías y materiales), así como los mecanismos de evaluación.

## **2. Interacción con las empresas.**

La relación con las empresas no se puede reducir a poner en contacto al estudiante con el medio; los profesores y la institución como un todo deben estar activamente involucrados. En efecto, las transferencias de la universidad hacia la empresa no consisten solo en enviar estudiantes de pregrado una vez que se gradúan; también hay otros tipos de relaciones que son fundamentales para actividades de innovación.

Por ejemplo, teniendo en cuenta el desarrollo de los programas de magister y la creación de programas doctorales, es necesario pensar en abrirles campo a los egresados de dichos programas. No todos pueden estar encaminados a la academia; una forma de innovar en las



empresas es transferirles personas capacitadas en investigación, o en la creación de nuevas firmas con características novedosas.

Es de anotar que esta fue una de las conclusiones principales del reporte Guillaume (Francia), y uno de los aspectos que se recomienda desarrollar. En resumen, se propone incentivar y facilitar la movilidad entre centros de investigación, universidades y entre estos y la industria. Además, así como el contacto con la empresa puede orientar a un estudiante sobre su futuro profesional, igualmente puede orientar a una universidad en su labor formadora. Le permite a la universidad identificar rápidamente tendencias e inconvenientes, la orientación deseada por las empresas, etc. Igualmente es una oportunidad para llegar a acuerdos con las empresas sobre hasta dónde debe llegar la universidad, y dónde debe empezar la formación en la empresa.

Al respecto nuestra recomendación es promover la interacción con el sector productivo a varios niveles:

a. Un primer nivel de interacción son las juntas asesoras

Se trata de juntas compuestas por personas de las empresas que se reúnen regularmente con representantes de las universidades para intercambiar impresiones, para prestar consejo y dar realimentación a la universidad.

b. Un segundo nivel de interacción, más profundo, está constituido por actividades como: pasantías mutuas, proyectos conjuntos, asesorías, etc.

Sin embargo, es difícil que éstas se den sin un contexto que las propicie. Las universidades deberían disponer, mínimo, de oficinas encargadas de establecer y mantener relaciones con las empresas. Pero, más allá de eso, debería haber centros que sirvan como punto de encuentro con las empresas; pueden ser centros propios, o centros tecnológicos en los que participen activamente y como actores centrales las universidades.

c. En las universidades se debe crear conciencia sobre la importancia de dichas actividades. Para lo cual, el primer paso es su reconocimiento institucional: sea como parte de la carga de los profesores, con incentivos económicos, como actividades válidas e importantes en el escalafón, etc.

-En todo caso, no deben quedar como actividades marginales, individuales y de poco interés para la academia. Se debe entender su importancia, y apreciarlas en su verdadera dimensión, no se pueden constituir en simples medios para generar ingresos extras para la institución; como una especie de “servicio militar” de los profesores para garantizar la viabilidad económica de la institución.

-Igualmente, se debe favorecer y dar reconocimiento a la generación de patentes. En particular, debe haber claridad en las reglas sobre los resultados de los proyectos e investigaciones.

-Al respecto resulta importante modificar los términos contractuales entre los profesores y las universidades para facilitar y promover la interacción del profesor con el sector externo. No solo el contrato debe contemplar la posibilidad de trabajar como consultor externo ó asesor/investigador para la industria sino que el profesor debe disponer del tiempo para hacerlo. El manejo de los negocios asociados a esta actividad será concertado entre la universidad y el profesor con un reglamento claro que cubra aspectos de responsabilidades legales y propiedad intelectual. En resumen; es importante permitir que aquellos profesores con habilidad para esta actividad puedan desenvolverse, no necesariamente todos los profesores deberán dedicarse a esta



labor. En principio se recomienda un quinto de tiempo apropiado para esta actividad. Adicionalmente, esta actividad debe ser reconocida académicamente.

d. La existencia de centros (como se menciona más adelante) que permitan una interacción cercana entre universidades y empresas también puede facilitar el intercambio o transferencia de personas.

Se trata de intercambios, en el sentido de pasantías mutuas. Transferencia, puesto que al trabajar de manera cercana, en proyectos comunes, puede ocurrir que investigadores, con magister o doctorado, estudiantes o profesores, decidan trabajar con las empresas. Es un excelente medio de transferir personas muy capacitadas y formadas en investigación a las empresas.? Adicionalmente, este trabajo en los centros universitarios o en CDT, muy cercano a las empresas, podría motivar a los investigadores a crear nuevas firmas.

e. Aunque no directamente relacionado, un aspecto complementario a lo anterior es el de interrelaciones entre las universidades mismas

De manera similar a las relaciones con empresas, se debe impulsar el intercambio de profesores entre universidades; la generación de programas, investigaciones y proyectos conjuntos. En particular, debe haber alianzas o confederaciones de centros, lo cual permitiría reunir diversas competencias en caso de que proyectos específicos así lo requieran; los avances interesantes suelen ser interdisciplinarios. Los centros pueden tender a especializarse, lo cual no está mal, pero sí debe existir la posibilidad de reunir competencias.

Este tipo de actividades se podría incentivar, inicialmente, por medio de líneas de financiación específicamente para este tipo de actividades o con algunas ya existentes pero dándole prioridad a estas actividades. Por supuesto, la eventual renovación de la financiación debe ser contra resultados concretos.

f. Es claro que todas estas actividades requieren, previamente, de un desarrollo de la capacidad de investigación, para lo cual es condición indispensable desarrollar programas de postgrado (magister y doctorado), o, en su defecto, entrar a trabajar en cooperación con instituciones que los tengan.

Conviene que buena parte de los trabajos realizados a nivel de doctorado sean de tipo investigación aplicada, orientadas a mejorar la productividad del sector empresarial (v.gr reducción de costos por acción tecnológica, desarrollo de nuevos productos). Para que se pueda lograr lo anterior, en investigaciones a nivel de doctorado, es fundamental procurar que los trabajos estén financiados por empresas del sector externo en mayor grado y por el Estado en menor grado. La financiación estatal debe estar dirigida al estudiante y a la investigación básica de ingeniería.

g. Sistema de información de oportunidades para las relaciones sector productivo/universidad.

Dado que las universidades no tienen experiencia en relaciones con el sector productivo y se sienten inseguras sobre su papel y posibles beneficios, para empezar, es necesario difundir entre todas ellas los esquemas y condiciones adecuadas para que los estudiantes puedan participar en las relaciones de prácticas empresariales a nivel de pregrado y en las de tipo programa universidad empresa para el postgrado. Se esperaría que de estos contactos se deriven actividades más substanciales con el tiempo. Se debe tener en cuenta, que las universidades y las empresas tienen que aprender a interactuar, lo cual solo se puede lograr gradualmente.



### 3. Innovación curricular.

La innovación curricular se hace con algún objetivo en mente, no *per se*. Hay diferentes motivos para intentarla: mejorar el aprendizaje (calidad), optimizarlo (eficiencia en uso de recursos, tiempo o dinero), y lograr objetivos de formación que sean difíciles de alcanzar por metodologías tradicionales.

Aunque todos los objetivos tienen su importancia, en el contexto de la innovación el último es de especial interés. En efecto, es notoria la demanda de los empleadores por diferentes habilidades de ingenieros que no están estrictamente relacionadas con lo profesional.

El tipo de habilidades y actitudes consideradas deseables requieren de metodologías alternativas. Es claro que se necesita más que cursos aislados; se debe recurrir a sistemas que entrenen y desarrollen las características buscadas.

Por otro lado, aunque las universidades se interesan en este tipo de actividades, hay inconvenientes que dificultan su realización. Por un lado está la tradición y la inercia a ella asociada: los profesores están acostumbrados a enseñar de una manera y es difícil acostumbrarlos a otras alternativas. Esto se ve agravado por la falta de preparación de los profesores universitarios en asuntos pedagógicos; no saben claramente cómo proceder.

También, esta actividad no tiene mucho reconocimiento, o, al menos, no tanto como otras. Quizás porque es menos notoria, de resultados a largo plazo, y difíciles de medir y evaluar. Si a esto adicionamos la dificultad para montar las experiencias y los costos asociados, es notorio que la motivación para realizarlas es esencialmente intrínseca al profesor. Las instituciones deben reconocer la importancia de estas actividades y otorgar un claro reconocimiento a su realización.

Hay dos actividades fundamentales para el desarrollo de las innovaciones curriculares:

- a. Formación y actualización de los profesores en pedagogía y metodologías docentes. Las instituciones ya lo hacen en mayor o menor grado.
- b. Programas nacionales para la innovación curricular.

El primer punto persigue generar una actitud en los profesores y proveerlos de herramientas. El segundo es la forma de generar actividad notoria en el tema y ha sido prioridad en otras partes (EE.UU, Brasil).

La idea es financiar programas nacionales para la innovación curricular; no se trata de hacer investigación teórica, sino de realizar actividades prácticas de docencia, sea para la aplicación de metodologías novedosas, sea para el desarrollo de materiales o cursos con orientaciones especiales.

Con el fin de que estas actividades tengan impacto, no deben ser puntuales. Es decir, deben ser permanentes y no experimentos aislados; deben aplicarse extensivamente a un currículo (o a conjuntos de cursos de una institución), y responder a actividades de varias instituciones interesadas y participantes en el programa.

El reconocimiento a estas actividades debe aumentar, tanto al interior de las instituciones (actividades consideradas importantes en la evaluación de los profesores), como al exterior (procesos de acreditación).

Un caso límite es la creación de instituciones nuevas con orientaciones especiales y objetivos específicos (v.gr. *L'École des Mines de Nantes*).



#### 4. Actualización de profesionales.

En las secciones anteriores se ha tratado el tema de la formación de estudiantes. Si bien es clara la importancia de este aspecto, también lo es la actualización a lo largo de la vida profesional de un ingeniero. La innovación, por su naturaleza, requiere que el profesional se mantenga actualizado, en particular si recordamos que los encargados de la innovación son los ingenieros que están en cargos directivos. Del recién graduado se espera un desempeño más operativo; del ingeniero directivo se espera que visualice las potencialidades de la innovación y que dirija los procesos de modernización.

Aunque la necesidad de la actualización continua es ampliamente aceptada; el problema que se presenta es cómo garantizar que efectivamente se dé. Así sea una necesidad sentida, también se presentan impedimentos para su realización. En un foro organizado en EE.UU. por la IEEE (*Industry 2000*), se decía a este respecto:

“Participants responded in unison with the message that life-long learning for engineers, both in technical and non-technical areas, is essential to maintaining competitiveness and vital engineering careers. However, they spoke about total quality driving companies to do more with less, and the lack of support for education in lean, flat, team-oriented organizations. Others focused on the time and expense required for updating knowledge. They identified the five leading barriers to technical vitality as availability of time, lack of motivation, inability to justify a return on investment, lack of resources (cost), and lack of a plan”.

Con el fin de resolver los problemas antes planteados, es necesario brindar al profesional oportunidades para su actualización, pero también exigirle que lo haga.

a. Las universidades tienen el deber de ofrecer especializaciones, cursos y programas de educación continuada.

Este ofrecimiento debe ser más flexible que el de los programas formales; el tipo de público y sus necesidades son distintos. En particular, aquí es muy importante la opinión y las necesidades de los profesionales y de sus empleadores; estos cursos y programas deben estar especialmente dirigidos a satisfacer unas necesidades. Después de todo se trata de personas formadas que pueden determinar lo que les hace falta.

Esto no excluye que la universidad pueda colaborar en la planeación de la educación continuada, por ejemplo, ofreciendo paquetes de cursos o algún otro tipo de estructuración o guías.

b. Una variante interesante es la de acuerdos entre empresas y universidades.

Esto permite que la empresa se involucre en la formación, lo que resuelve, al menos en parte, el problema del tiempo y el costo. También facilita la orientación del programa puesto que la empresa puede plantear sus necesidades y lo que está esperando de sus empleados, colaborando así en la planeación. Además, aumenta el compromiso tanto de los empleados como de la empresa.

c. Finalmente una forma de impulsar la formación continua de los ingenieros puede ser creando condiciones para la obtención y mantenimiento del derecho al ejercicio profesional.

Esto puede ser por medio de exámenes o certificando la actividad de formación (cursos de actualización tomados).



## 5. Formación de los Profesores.

La evidente deficiencia en la formación de los profesores, resentida por las mismas universidades, requiere de un programa de incentivos para mejorar el nivel del cuerpo profesoral, tanto al nivel de magister como de doctorado.

a. En todo centro de formación de ingenieros se debe asegurar una planta de profesores con título de doctorado y activos en Investigación y Desarrollo.

Es necesario insistir sobre el hecho de que la investigación es parte fundamental del proceso de aprendizaje de un estudiante de ingeniería, lo cual será de difícil realización sin profesores investigadores. Inclusive los Institutos de formación de tecnólogos deberían tener profesores universitarios para colaborar en su formación. Este modelo funciona bien en Francia por ejemplo (IUT-Universidad).

b. El fortalecimiento o creación de programas doctorales, asociados a laboratorios consolidados, debería asegurar las necesidades de formación de profesores del país.

Estos programas doctorales deberían existir en las grandes ciudades universitarias. Las universidades en capacidad de sostenerlos colaborarían entre ellas con el fin de constituir un potencial significativo sobre temáticas estratégicas. Estos programas doctorales deben apoyarse sobre laboratorios de investigación ellos mismos compartidos entre varias universidades, con el fin de obtener una masa crítica en el número de investigadores y de doctorados. Para que esta investigación tenga un nivel internacional se debe hacer en colaboración con las universidades de reconocido prestigio internacional.

c. Teniendo en cuenta los desequilibrios existentes entre las universidades colombianas, se debe realizar un esfuerzo en la preparación de los profesores de las universidades de provincia, por medio de formación a nivel de postgrado. Esto se lograría mediante la realización de maestrías a distancia, en las cuales los profesores de provincia realizan sus proyectos en su sitio de trabajo.

## 6. Acreditación

En las actuales circunstancias, la reciente política de acreditación de las instituciones de educación superior en el país, implica que este proceso tardará años para que la sociedad colombiana recobre su confianza en el sistema educativo superior, y le sea evidente que las instituciones oferentes de programas educativos están sometidas a procesos continuos de mejoramiento de calidad.

Sin embargo, cualquier esfuerzo en esta dirección tardaría por lo menos entre 6 y 10 años para alcanzar un sistema confiable. Si suponemos que la mitad de los programas de ingeniería (más o menos 200) se acreditan en los próximos 6 años, se deben movilizar amplios recursos humanos y financieros para lograr dicha meta. Esto quiere decir que se deben realizar acreditaciones de programas al ritmo de un programa por semana, se deben entrenar por lo menos 300 académicos entre pares y directores de visita y se deben movilizar recursos financieros no inferiores a los 500 millones de pesos anuales?. Es probable que dicha meta sea inalcanzable, a menos que exista la voluntad política y el trabajo arduo de académicos, agremiaciones e industriales interesados en dicho fin. Sobra indicar que la oferta de programas de pregrado en educación superior, diferentes, a la profesión de ingeniería puede ser un orden de magnitud mayor; agravando más la situación actual.



a. Se sugiere entonces que los esquemas de acreditación como el del Consejo Nacional de Acreditación y la propuesta de la Asociación de Facultades de Ingeniería (ACOFI) con su proyecto SAAPI (Sistema de Acreditación y Asesoría para Programas de Ingeniería) unan esfuerzos y avalen mutuamente sus acciones para realizar acreditaciones de programas de ingeniería, a través del Consejo de Acreditación de Ingeniería propuesto por ACOFI.

b. Dado el carácter voluntario del proceso de acreditación, la falta de autorregulación y ausencia de mecanismos de control estatal, implican la necesidad de generar incentivos para su desarrollo.

Se debe buscar que la acreditación de programas tenga beneficios de orden financiero, de acceso a becas para sus profesores, acceso a recursos de inversión, etc., para que motive a las instituciones de educación superior a embarcarse en programas de mejoramiento sistemático de la calidad educativa.

c. Dado que la acreditación avala la institución mas no sus resultados, se sugiere, complementar la misma - a un mediano plazo- con la calificación de los graduados.

Acción que deben ser concertada con las agremiaciones y consejos profesionales, que permita calificar a los individuos, a través de diversos mecanismos, como la presentación voluntaria de exámenes profesionales, atención a cursos de educación continuada como mecanismos de actualización profesional, etc. En últimas, las agremiaciones deben garantizar a la sociedad que el profesional de ingeniería esta capacitado para realizar labores propias de su profesión, dentro del marco de responsabilidad ética y profesional para salvaguardar los intereses propios de la sociedad. Una acción en este sentido servirá como protección al ingeniero colombiano para la práctica de su profesión dentro de acuerdos económicos internacionales y de competitividad global.

d. Los programas de postgrado también deberían ser acreditados.

La ley 30 ha facilitado el acentuado incremento en programas de especialización, maestría y, más recientemente, la oferta de programas de doctorado. Por ello y en paralelo con la maduración del actual sistema de acreditación, se deben empezar a desarrollar mecanismos de acreditación para los programas de postgrado.

## **F. FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA NACIONAL DE INNOVACION**

Cuál puede ser el papel posible y creativo de la universidad, actuando al mismo tiempo sobre la necesidad de impulsar un Sistema Nacional de Innovación, que consideramos debe ser la apuesta de fondo, y sobre las realidades de los cambios técnicos en marcha o previsibles. Dentro de este enfoque global -el del sistema nacional de innovación- se recogen a continuación algunas propuestas antes mencionadas pero también otras nuevas.

### **1. Decisiones y acciones de corto plazo.**

El país ha invertido importantes recursos y lo seguirá haciendo por muchos años, en el modelo de cambio técnico que hemos comentado. Que dichas inversiones no den los mayores beneficios, sería crítico para todos. Una actitud responsable es contribuir a que le vaya bien al sector productivo, en este proceso. En el corto plazo, la universidad y particularmente las facultades de ingeniería podrían acompañar las demandas que surgen de las encuestas, mejorando sus modelos



de formación en tres sentidos, que al mismo tiempo contribuyen a formar capacidad y confianza para un papel de mayor alcance por parte de la universidad:

- a. Otorgando mayor énfasis al desarrollo de las habilidades y competencias que más demandan las empresas y que encuentran deficientes en el ingeniero colombiano,
- b. Intensificando la enseñanza en algunos conocimientos con demanda muy inmediata, que si bien pueden resultar obsoletos para el egresado en el corto plazo, son muy significativos para los sectores productivos, especialmente para aquellos que señalaron en la encuesta una deficiente actualización tecnológica;
- c. Aumentando las ofertas de capacitación sobre medidas, *customized*, especialmente en especializaciones, concertadas a nivel de empresa o sector .

Todo esto cuestiona el modelo tradicional de formación. Lo que se reclama no puede atenderse con un modelo centrado en el aula de clase, con un profesor que es el actor principal del proceso de aprendizaje y sin relaciones fuertes de los estudiantes con experiencias tempranas de uso social del conocimiento, en donde las características socioculturales del medio le exigen a la universidad ser realmente innovadora en la formación. Y con unos estudiantes, adelantando su proceso de formación de manera individual, cuando la realidad es que desde que entran a la vida profesional, el modelo tecnológico y organizacional, les obliga a trabajar en equipos interdisciplinarios. La ingeniería concurrente, es ya prácticamente la forma característica de desarrollo de la producción.

b. Los resultados de las encuestas indican una alta demanda empresarial por el refuerzo de algunos conocimientos muy específicos, transversales en algunos casos y sectoriales en otros, en la formación de los ingenieros. Si tenemos presente adicionalmente, que no parece tener buen mercado y no es representativa en las empresas más modernas, esa nueva ingeniería que hace de demandas de corto plazo y muy especializadas, carreras de cinco años, parece pertinente que la universidad de calidad demuestre flexibilidad institucional (no al arbitrio de cada profesor) en el currículo de las ingenierías de base (las más tradicionales). El sistema de cursos opcionales puede ser la solución; cursos que deberían ser atendidos por profesorado que trabaja en las empresas o con las empresas. Flexibilidad, tanto en permitir un cuerpo fuerte de electivas- que podrían compartirse entre instituciones de una misma ciudad- como cambios periódicos de las mismas y de los contenidos

c. Un mecanismo fuerte de electivas como el propuesto, contribuiría no sólo a desestimular ofertas demasiado puntuales de ingeniería de pregrado, sino también la proliferación de especializaciones como solución remedial a la incompetencia profesional del pregrado. Socialmente, carece de sentido que en un país donde el primer título de ingeniero se otorga a los cinco años, aún sea necesario una especialización para entrar o para permanecer en el mismo trabajo, en los mercados laborales de mayor prestigio. A no ser que convirtamos la especialización en el quinto año y aceptemos el primer título a los cuatro, cosa bien improbable en el país.

Sin embargo, es evidente que de manera inmediata y para los ingenieros ya vinculados a las empresas, la especialización es bien necesaria y en definitiva es lo que más promueven. En la oferta de esta modalidad, han estado con mayor interés relativo las universidades de menor tradición; las de mayor, no han valorado la importancia de este camino -aunque limitado- para establecer interacciones creativas hacia la construcción del Sistema Nacional de Innovación. En esta perspectiva, las especializaciones debían ser sobre medida, *customized*, ajustadas en un todo



a las necesidades empresariales para suplir la inadecuación al mercado. Un ejemplo bien positivo en este sentido y como proyecto compartido entre una universidad y una empresa, ambas de amplia confianza social e importantes, es la Especialización en Gestión Ambiental entre ISA y la Universidad Nacional de Medellín. Que le ha abierto a esta universidad, la posibilidad de gradualmente construir una alianza de largo plazo para actividades de mayor impacto alrededor de la asesoría y la investigación. En las condiciones de nuestra cultura corporativa empresarial, las entradas maximalistas al Sistema de Innovación, vía el financiamiento de las empresas a líneas de investigación de largo plazo a las universidades, son lo menos viable y realista.

## **2. La apuesta de fondo: la construcción del Sistema Nacional de Innovación.**

Pero la apuesta estructural de la universidad colombiana a través de sus facultades de ingeniería -y en cuyo contexto es necesario valorar lo propuesto, como una fase necesaria- debe ser su compromiso con la construcción del Sistema Nacional de Innovación. Y en ese contexto ubicar la formación futura de ingenieros. Obviamente, el alcance de su compromiso debe estar en relación directa con lo que se entiende por ingeniero.

Nuestra tesis es que la participación estratégica de la universidad en el Sistema Nacional de Innovación, debe tener un gran fin: aumentar la capacidades de las facultades y estudiantes de ingeniería de ser creativos. A continuación esbozamos unas propuestas realistas y viables que contribuirían a este propósito:

- a. Una educación en ingeniería que recupere el rol del ingeniero como un profesional de muy alta productividad;
- b. Una relación nueva entre la Universidad y los Centros de Desarrollo Tecnológico;
- c. En este nuevo marco institucional de la producción científico-tecnológica en ingeniería, una revalorización del fomento a la investigación en esta disciplina ;
- d. Un papel creciente de las maestrías y los doctorados, con énfasis tecnológico, como mecanismos dinámicos de desarrollo de la investigación en el sector productivo y del mejoramiento de la formación en ingeniería para la innovación y el desarrollo tecnológico;
- e. Un estímulo a la formación tecnológica que no sólo permite formar mejor y de manera más exigente a los ingenieros, sino que abre grandes posibilidades a amplios sectores sociales y fortalece al mismo tiempo la capacidad tecnológica nacional.

## **3. Una nueva formación en ingeniería.**

Todo indica que el gran problema para tener un ingeniero de alta capacidad técnica y social, está en el modelo pedagógico, que ha olvidado partir de lo más elemental para estructurar los programas y los medios necesarios de enseñanza- aprendizaje: qué es un ingeniero.

En un reciente encuentro de destacados profesionales de esta disciplina reunidos en Quirama, Antioquia (el tema fue "Ingeniería, Investigación y Sociedad") el profesor Rafael Bras, de MIT, propuso: *"Mi definición de ingeniería es la conceptualización, diseño, construcción, y administración de proyectos y productos. La naturaleza de estos proyectos y productos es muy variable, desde edificios hasta códigos de computadoras; desde procesos de manufactura hasta control de tráfico aéreo y comunicaciones. Dentro de este gran campo de acción, lo único común es que el ingeniero resuelve problemas o provee soluciones que requieren imaginación, creatividad y síntesis de conocimientos. El ingeniero tiene que crear, no sólo comprender"*. Y afirmó que la situación hoy de los estudiantes de ingeniería, es que han perdido creatividad; crear



soluciones únicas con eficiencia y estética. En gran medida como consecuencia de que el balance entre arte y ciencia, y la ingeniería tendría mucho de lo primero, se ha ido hacia la segunda. Prioritario en consecuencia, señala, reinventar el concepto de "studio", común en la arquitectura, donde el estudiante está obligado a usar su imaginación y a crear productos y soluciones. Tarea pedagógica decisiva, para las facultades de ingeniería.

#### **4. Una dimensión más pertinente para los CDTs.**

En los últimos tres años, el país y especialmente COLCIENCIAS, ha invertido importantes recursos en los Centros de Desarrollo Tecnológico, CDTs, bajo el modelo de virtualidad, es decir sin apoyo para inversiones en maquinaria, equipos, sedes etc.... Se define la función de los Centros como búsqueda de oportunidades, gestión de contactos industria-universidad y gerencia de proyectos. Sin embargo, las encuestas de este estudio, indican que las firmas colombianas mas progresistas tecnológicamente, recurren bien poco a este modelo de Centros. Y recordemos que tan bien poco, directamente a la universidad.

En este contexto, todo indica que ni la virtualidad de los Centros, ni la universidad encerrada en la definición de su propia agenda de investigación, aportan de manera clara al Sistema Nacional de Innovación (SIN). Parece entonces conveniente una institucionalidad ligada estructuralmente al desarrollo de una agenda científico tecnológica estratégica para el país y con capacidad para desarrollarla. Y esto significa unos CDTs estructuralmente ligados, mas que en simples alianzas, con las universidades. Que cuando el Centro se compromete, incorpora al mismo tiempo la capacidad de la universidad, superando ese rol de intermediación que tan poco parece interesar a la empresa colombiana. Este es el modelo que Colciencias debería apoyar.

#### **5. Una investigación aplicada en ingeniería ligada a programas estratégicos.**

Algunos han venido promoviendo la creación de un Programa para la Investigación en Ingeniería, como parte de los Programas Nacionales del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, SNCT. El argumento es que la existencia de una identidad de la ingeniería en dicho Sistema, estimularía la investigación en la disciplina.

La ingeniería aparece actualmente recogida en cuatro de los Programas: Energía y Minería, Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, y Electrónica, Telecomunicaciones e Informática, del SNCT.

Consideramos que la propuesta no es pertinente desde el punto de vista de **un estímulo a la investigación aplicada**, no solo porque arranca por el final, sino también porque la ingeniería tiene expresiones sectoriales muy específicas.

Toda institucionalidad de fomento a la investigación debe estar precedida de y ser el resultado, de un plan estratégico de desarrollo en el área que se quiera fomentar. Muy importante que Colciencias promueva dicho instrumento en ingeniería y que se contemple como parte de sus resultados, la institucionalidad necesaria para su desarrollo. Sin embargo hay otro aspecto esencial.

Como parte del apoyo de Colciencias y en otros casos de manera autónoma, prácticamente todos los CDTs realizaron en 1997 y parte de 1998, una intensa planeación estratégica y cuentan ya con sus planes de desarrollo, por lo menos los principales centros relacionados directamente con ingeniería. La existencia de los Centros y de los Planes, dan una connotación práctica a lo sectorial, obviamente con visión de cadena. También es claro en las encuestas, que existe una estrecha relación entre sectores y cierto tipo de ingenierías. Por estas razones consideramos en



consecuencia que la entrada de la ingeniería a un Sistema Nacional de Innovación, debe sectorial y transversal en algunos casos, pero no disciplinar. Y sus productos deben tener igual connotación.

Sintetizando la reflexión del numeral anterior y este último, en una sola propuesta, lo que sería pertinente es que COLCIENCIAS promueva una relación estructural CDTs-Universidades, alrededor de los planes estratégicos de los centros, como una buena forma de que estos dos componentes del Sistema de Innovación ingresen de manera práctica y al mismo tiempo apropiadamente, al mismo.

## **6. Maestrías y Doctorados.**

Los programas de maestría y doctorado, son el medio privilegiado para formar los investigadores que un país requiere. Lamentablemente, Colombia tiene uno de los atrasos mayores en América Latina en graduados de estos niveles y de programas de formación propia para ello, especialmente de doctorados. Y los pocos doctores trabajan en las universidades; en los países desarrollados de cada 10 investigadores, 8 trabajan en la industria.

La precariedad de la investigación aplicada, el modesto número de graduados de ingeniería con estos niveles superiores, el reconocimiento histórico de que esta profesión es el mejor de los puentes entre la ciencia y la tecnología, la necesidad de constituir industrias de futuro por el agotamiento que muestra nuestro modelo industrial y en consecuencia, la necesidad de nuevos empresarios, hacen de la formación de doctores, un asunto de prioridad nacional. Obviamente sin desconocer la importancia de las especializaciones y las maestrías en nuestro contexto, que resultan ser, muy corrientemente, pasos obligados y necesarios, a una política muy agresiva de formación de doctores.

## **7. Formación de técnicos y tecnólogos.**

Las necesidades de modernización productiva del país, dependen cada vez más del desarrollo y consolidación de su capacidad endógena de producción y apropiación de conocimiento científico y tecnológico; y ello está asociado a la diversificación y especialización de la estructura ocupacional.

Así como se requiere de un equilibrio entre las diversas especialidades de ingeniería, es necesario un buen balance entre los diferentes tipos de formación; específicamente, entre ingenieros, técnicos y tecnólogos. De otra manera, se tendrán personas realizando, posiblemente de manera inadecuada, tareas para las que no están bien capacitadas.

En muchas empresas el proceso de innovación está centrado especialmente en el proceso, y, particularmente, en la maquinaria necesaria. Parte de las quejas de las empresas son que los ingenieros no dominan estos equipos. Se pensaría, entonces, que tal vez necesitan tecnólogos más que ingenieros; surgen, entonces, reparos sobre la formación básica, la flexibilidad y adaptabilidad de los tecnólogos.

Es decir, se tienen ingenieros con carencias en lo tecnológico, y tecnólogos con carencias en lo básico. Si a esto adicionamos los datos sobre el exceso de ingenieros en Colombia (la pirámide invertida), llegamos a la conclusión de que hay un desplazamiento en los papeles laborales: hay demasiados ingenieros y algunos de ellos están realizando trabajos de tecnólogos (para las cuales no están debidamente capacitados); al mismo tiempo, la formación básica de los tecnólogos puede dejar que desear como para permitirles apropiarse plenamente de los papeles que hoy día



están siendo ocupados por ingenieros. Es necesario garantizar la correcta orientación de las diferentes formaciones y su adecuado equilibrio en el campo laboral.

-La demanda potencial por este tipo de programas proviene de los estudiantes de los estratos populares, incapaces de pagar, de contado, las matrículas de las carreras universitarias, incluso en las instituciones de menor calidad que son más baratas. En ausencia de un sistema de crédito educativo esa demanda potencial no puede expresarse como demanda solvente y la oferta responde a las preferencias de los estudiantes de clases medias y altas, inclinándose hacia los programas largos profesionales.

Es cierto que el Sena (que cuenta hoy con unos 31.904 estudiantes en carreras postsecundarias de tipo técnico y 23.012 en carreras de tipo tecnológico) ofrece programas postsecundarios cortos y gratuitos para las clases más populares. Pero el país no puede confiar exclusivamente en financiar el desarrollo futuro este tipo de programas con impuestos a la nómina y de manera enteramente gratuita y tendrá que seguir contando con la oferta de otras instituciones privadas.

a. Como mencionamos atrás, el problema de la financiación de los estudiantes populares podría resolverse de tajo por la vía del crédito estudiantil. En este sistema, podría fijarse un cupo porcentual más elevado para las carreras técnicas. El crédito podría combinarse con subsidios de sostenimiento (financiados por los municipios) a los estudiantes más pobres. Mientras tanto, mientras subsista el régimen subsidios a la oferta para las universidades públicas, el Estado podría al menos ir cambiando su forma, al menos en el margen, de tal manera que los nuevos recursos previsto por la Ley se dedicaran al desarrollo de carrera cortas en áreas estratégicas.

b. En cuanto a la calidad caben dos estrategias. La primera -ya mencionada- es la implantación de un sistema de información expedito sobre calidades y oportunidades laborales por programas e instituciones: los estudiantes y las instituciones podrían guiarse en sus decisiones de demanda y oferta por indicadores que reflejen las tasas de retorno de cada unos de ellos. La segunda es asegurar, dentro del Sistema Integral de Financiamiento de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico, una financiación adecuada para el desarrollo estratégico de este tipo de programas.

## **G. AGRADECIMIENTOS**

El estudio fué patrocinado y financiado por el DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION (vía el PNUD) y COLCIENCIAS, entidades a las que debemos expresar nuestro reconocimiento.

Adicionalmente, los grupos que desarrollaron el estudio expresan su agradecimiento a ACOFI por el permanente interes que presto durante la realizacion del estudio.



# MODELO DE AUTOEVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS CURRICULARES DE INGENIERÍA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ

*Fernando Herrera León, Félix Hernández Rodríguez,  
Marcelo Riveros Rojas y Jaime Salazar Contreras.*

*Profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Santa Fe de Bogotá, y miembros del Comité de Autoevaluación de esa misma Facultad.*

## RESUMEN:

*En este artículo se hace una presentación del modelo de autoevaluación que ha sido diseñado para evaluar la calidad de los programas curriculares de ingeniería. Partiendo de consideraciones sobre el desarrollo histórico de la Facultad y de los actuales lineamientos institucionales sobre programas curriculares, se muestra la forma como se concibió un modelo de autoevaluación y se fueron estableciendo los criterios de calidad y sus elementos constitutivos. Con algún detalle, se hace una descripción de la estructura del modelo y se desarrollan algunas ideas fundamentales sobre el proceso de evaluación integral de los Programas con base en los resultados parciales del instrumento diseñado.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería tiene sus orígenes, en la época republicana, en el establecimiento del Colegio Militar (1847), en su propio restablecimiento en 1861, en la Creación de la Escuela Politécnica en el mismo año, por parte del Presidente, General Tomás Cipriano de Mosquera y en la Escuela de Ingenieros que como continuidad de aquéllos, empezó a funcionar en la recién creada Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia (1867). Esa Escuela de Ingenieros que cambió de denominación varias veces: de Escuela de Ingenieros Civiles y Militares en algún momento, Facultad de Matemáticas e Ingeniería posteriormente y finalmente, Facultad de Ingeniería, ha ido evolucionando y desarrollando nuevos conceptos acerca de los principios formativos a través de la historia. Esos cambios en las políticas se han dado en unos ambientes políticos y de desarrollo variables del país, de tal manera que su prevalecimiento ha sido fruto de constantes contradicciones y polémicas en diversos órdenes. Así, el énfasis de la preparación de profesionales ha transitado desde el de formar personal de ingenieros civiles, al de utilizar los conocimientos científicos generados en el mundo para superar las tendencias profesionalistas y los academismos desligados de la realidad colombiana, hasta la concepción actual de formación de profesionales e investigadores integrales, "sobre una base científica, ética



y humanística, dotados de una conciencia crítica para actuar responsablemente frente a los requerimientos y tendencias del mundo contemporáneo y liderar creativamente procesos de cambio".

En esos más de 135 años de historia, la Facultad se ha diversificado como producto del avance y especialización del conocimiento y de las cambiantes necesidades del desarrollo del país en el ámbito de la Ingeniería. De esa manera se fueron creando sucesivamente nuevos programas curriculares a partir del originario de ingeniería civil: Ingeniería Química (1938), Ingeniería Eléctrica (1961), Ingeniería Mecánica (1961), Ingeniería Agrícola (1969), Ingeniería de Sistemas (1978) e Ingeniería Electrónica (1998).

Similarmente, las necesidades crecientes del país y de la Universidad para tener un profesorado especializado, de crear comunidades académicas para la investigación y de entrenar a los graduados en las nuevas áreas de la ciencia y tecnología para su uso eficiente frente a las necesidades del país, condujo a la creación progresiva de programas de Postgrado: Maestrías y Especializaciones.

Así, se han creado Postgrados en Ingeniería Sanitaria (1966), Ingeniería de Estructuras (1966), Ingeniería de Transporte (1966), Recursos Hidráulicos (1972), Sistemas (1972), Potencia Eléctrica (1972), Geotecnia (1973), Química (1986), Materiales y Procesos de Manufactura (1984) y Automatización Industrial (1994).

En 1991 se aprobaron los doctorados en Ingeniería en la Universidad Nacional de Colombia y en 1997 el doctorado en Ingeniería Química que, efectivamente, empezó a funcionar en 1999.

En concordancia con su carácter de Universidad Nacional, la institución fue creando sedes en otras regiones del país. En el área de ingeniería se ofrecen programas curriculares de ingeniería en las sedes de Medellín - *Escuela Nacional de Minas* -, Manizales - *Facultad de Ingeniería y Arquitectura* - y Palmira - *Facultad de Ciencias Agropecuarias* -.

A lo largo de toda esta trayectoria, la Universidad Nacional, y su Facultad de Ingeniería, ha jugado un papel de primera importancia en el país en la formación de ingenieros, en la dinamización de la apropiación y utilización del conocimiento para enfrentar y resolver los retos nacionales en el desarrollo de la producción de bienes y servicios, y de obras públicas y de infraestructura, en la generación de proyectos de investigación para darle respuesta más eficaz a esos mismos retos, en la democratización de la educación superior y en la difusión de los conocimientos y, en buena medida, en haber servido de modelo y de guía en el desarrollo de otras universidades y de otros programas curriculares de ingeniería.

Como principal universidad del Estado, La Nacional debe plantearse hoy hasta qué punto siguen vigentes las fortalezas anteriormente expuestas y en qué medida y con qué eficacia encamina sus esfuerzos hacia ese objetivo. Esto resulta particularmente relevante en momentos de crecimiento y diversificación, no siempre cualificados, del sistema de educación superior, sobre todo en el sector privado, y con niveles de responsabilidad social y de calidad cuestionables en no pocos casos - a pesar de ello, la cobertura del sistema sigue siendo exigua -. Hasta qué punto se ha perseverado en ese papel protagónico cuando el País, sumido en problemas sociales generados por las inmensas diferencias económicas y de oportunidades entre sus ciudadanos y por su



marcada dependencia técnica y económica, requiere de espíritus y de inteligencias que impulsen, con elevados niveles de independencia y de democracia, el conocimiento, la producción, el empleo y la cobertura de servicios.

La respuesta objetiva a estos interrogantes requiere de un trabajo de evaluación concienzudo, tanto interno como externo, cuyo resultado más valioso consiste tanto en diseñar las políticas y los programas que permitan superar las deficiencias que se detecten como en poner en la práctica las acciones y disponer las voluntades para alcanzar esos propósitos.

Tal es el propósito del modelo de autoevaluación que el Comité de Autoevaluación de la Facultad de ingeniería ha venido diseñando y que se propone describir en las siguientes páginas.

## **2. PROCESOS EVALUATIVOS**

La evaluación de los programas curriculares de Ingeniería, concebida por el Comité, no responde a condicionamientos externos, de carácter político o económico, ni responde exclusivamente a las normas y reglamentaciones sobre calidad de la Educación Superior existentes en el País. No se niega con ello que el proceso evaluativo de nuestros programas curriculares deba tener valor universal en el sentido de estar acorde y de poderse comparar con programas de excelente calidad tanto nacionales como de otros países. Tampoco se soslaya la obligatoriedad de que la Institución y sus Programas respondan responsablemente por su efectividad y su calidad ante el estado y la sociedad, máxime tratándose de una Universidad pública del Estado.

En ese sentido, se entiende que la valoración integral de un Programa Curricular debe empezar con procesos internos de Autoevaluación para pasar a procesos externos de evaluación y de acreditación.

El modelo que se ha diseñado pretende evaluar la calidad de los programas curriculares de ingeniería analizando la forma en que la institución, cumpliendo sus funciones sustantivas de docencia, investigación y extensión, y acorde con su naturaleza de pública, nacional y del Estado, se estructura, organiza y moviliza todos sus recursos para poder traducir en realidades las características distintivas que pretende promover entre sus estudiantes y egresados. Desde ese punto de vista, y sin perder la perspectiva que históricamente ha venido construyendo, se debe observar y confirmar hasta qué punto y con qué grado de eficiencia, las acciones y políticas de la institución y de sus programas se encaminan a formar un profesional conocedor del contexto regional, nacional y mundial en el que le tocará desempeñarse, en qué medida el estudiante y el graduado están capacitados para ser artífices de su propia formación, como ingrediente indispensable tanto para poder asimilar los conocimientos y tecnologías más avanzados como para poder apropiarlos y desarrollarlos, hasta qué punto se estimulan en los estudiantes el escepticismo razonado y la capacidad de asombro como condicionantes de una inclinación hacia la investigación y hacia el cambio, con qué grado de eficiencia se logran desarrollar competencias y capacidades para que el profesional, respetuoso de las diferencias y de la diversidad, tenga la capacidad de comunicación suficiente para liderar procesos de cambio en bien de la comunidad a que pertenece su trabajo; en fin, saber si en realidad se está promoviendo y logrando la formación de un profesional integral.



Se trata, en síntesis, de evaluar tanto la intencionalidad de los programas para promover esas características distintivas como el resultado de las políticas diseñadas para ese fin. Se debe mirar no solamente lo interno, sino también lo externo: los resultados.

### **3. CONCEPCIÓN Y DESARROLLO DEL MODELO**

Como producto de los señalamientos que en materia de autoevaluación y acreditación debe hacer la Universidad Nacional de Colombia, según lo contenido en el Decreto 1210/93, por una parte, y la visita al país a la Facultad de Ingeniería, del experto británico de la Joint Board of Moderators, JBM, John Whitwell en noviembre de 1993, dentro de una actividad conjunta con la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, por otra parte, se conforma un grupo de trabajo compuesto por un profesor representante de cada una de las seis carreras existentes en mayo de 1995, con el propósito de liderar en la Facultad los procesos de autoevaluación de sus programas académicos de pregrado.

Una establecido, el Comité realiza una revisión detallada de un buen número de modelos de autoevaluación y acreditación nacionales e internacionales, destacándose los siguientes: ICFES, CIDESCO, Grupo de las 10 Universidades, EAFIT, RIBA, ABET, JBM, CEAB (Comité Canadiense de Acreditación), SACS, SECAI (Sistema de Evaluación de la Calidad de las Enseñanzas de Ingeniería), SAAPI y CNA.

Luego de analizados los mencionados modelos, el Grupo conceptuó y determinó los diferentes elementos de calidad que debería contener un modelo de autoevaluación aplicable a las condiciones y características particulares de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional. Fue así como se definieron los siguientes, que posteriormente fueron reinterpretados y reorganizados: Plan de estudios; estudiantes; procesos de enseñanza; resultados inmediatos; integración; proyecto institucional; bienestar institucional; recursos financieros; plan curricular; investigación; extensión; interacción con el entorno; sistema de información institucional.

Con base en los elementos anteriores, el Grupo tomó como marco de referencia el modelo SECAI, y a partir de éste, diseñó integralmente el modelo actual que tiene la identidad y la especificidad buscadas desde los inicios del trabajo.

Con el ánimo de arraigar la cultura de la calidad a partir de los procesos de autoevaluación en la Facultad de Ingeniería y en la Universidad Nacional de Colombia, se organizaron foros y charlas divulgativas con la presencia del CNA y de destacados expositores internacionales con experiencia en la concepción y aplicación de modelos de acreditación, además se contó con la participación activa de la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de Colombia a través de algunas facultades de diferentes áreas del conocimiento, entre ellas: enfermería, medicina, medicina veterinaria y zootecnia y algunas sedes de la Universidad como Medellín y Manizales.

Paralelamente al avance del proceso, en la búsqueda de definir el modelo de autoevaluación para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, se fueron elaborando y presentando artículos en la *XVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería* de 1996, en la publicación "Procesos de Acreditación a nivel mundial" de 1998, de ACOFI, Investigación y Sociedad en



1998 y finalmente se llevó a cabo una importante participación del Grupo en el Seminario de Acreditación organizado por el CNA en la ciudad de Popayán, en Octubre de 1996.

La consolidación del modelo de autoevaluación, desarrollado con un enfoque singular hacia los programas de ingeniería, tiene como objetivos generar un medio adecuado y efectivo para establecer la calidad de un programa académico, al igual que proponer un proceso sistematizado del mismo para dinamizar su aplicación y establecer las acciones que conduzcan al mejoramiento de la calidad de los programas de pregrado autoevaluados.

#### 4. ESTRUCTURA DEL MODELO

El modelo de autoevaluación está estructurado por factores, subfactores, indicadores y criterios, en donde se globalizan todos los elementos relacionados con la calidad que caracteriza a un plan curricular.

Los factores y subfactores establecidos como condición de la calidad son:

| FACTOR                             | SUBFACTORES                                                               |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Diseño del programa                | Concepción y Participación                                                |
| Plan curricular                    | Metodología, Contenido y Desarrollo                                       |
| Condiciones de ingreso estudiantil |                                                                           |
| Recursos                           | Gestión, Profesores, Personal de Servicios, Instalaciones y Equipamiento. |
| Procesos pedagógicos               |                                                                           |
| Bienestar universitario            |                                                                           |
| Efectos del programa               |                                                                           |

Cada uno de los siete (7) factores se descompone en indicadores o atributos que correlacionan e inciden sobre la calidad, alcanzando éstos un total de 78. Con el propósito de orientar la labor del evaluador, cada indicador tiene un criterio de valoración, que permite establecer si existe o no, influencia positiva del factor en consideración.

La definición de cada uno de los factores se describe a continuación:

**4.1. Diseño del Programa:** se tiene en la cuenta tanto la materialización de propósitos, metas y objetivos institucionales en el diseño del programa, es decir su **concepción**, como los agentes involucrados en su formulación y actualización permanentes, o la **participación**.

**4.2. Plan curricular:** Este factor reúne a todo el conjunto de actividades que desarrolla el Programa para formar y educar al estudiante en el área de su especialidad y en los valores y características personales que se pretenden estimular. Consecuentemente, incluye al plan de estudios y a las actividades complementarias. El plan de estudios es el conjunto de asignaturas que debe cursar el estudiante, tanto para adquirir las destrezas propias de su disciplina o profesión como para cultivarse en las características de formación que se han propuesto. Las actividades



complementarias constituyen otro conjunto de labores concebidas para fortalecer las destrezas y habilidades de los estudiantes haciendo viable y válida su participación en tareas de investigación, proyección social, docencia, arte, cultura y deporte.

**4.3. Condiciones de ingreso estudiantil:** un programa curricular debe buscar que sus políticas de admisión contribuyan a garantizar el ingreso de los aspirantes con mayor potencialidad de aportar a la consolidación de la calidad del programa. De igual forma, deben servir para mitigar las dificultades de cobertura y democratización que enfrente el sistema de educación superior.

**4.4. Recursos:** en este factor se reúnen todos los elementos que hacen posible el desarrollo calificado de un programa curricular. La gestión del programa constituye el subfactor del que dependen tanto la eficiencia de la estructura de la organización como la idoneidad y equidad con que se apoyan, política y económicamente, a los diferentes actores y áreas que intervienen en el proceso formativo. La gestión se ocupa también de la evaluación y ajuste permanentes y de las políticas de generación y cualificación de los recursos. Los profesores son factor decisivo en la tarea de formación integral de profesionales, desde los puntos de vista de su preparación, su experiencia, su capacidad docente, su dedicación, sus vínculos académicos e investigativos, su producción y su motivación. El personal administrativo y de servicios constituye el apoyo indispensable del programa para poder ejecutar sus funciones sustantivas. Dependiendo del número de sus miembros, de su preparación – con la que deben contribuir el programa y la institución –, y de su identificación con la misión del programa, su participación en el mantenimiento y mejoramiento de la calidad será más significativa. Las instalaciones físicas con que cuente el programa serán idóneas en la medida que su capacidad y adecuación permitan la comodidad de los usuarios y la implementación de las modalidades pedagógicas que el programa considere como óptimas. El equipamiento es un factor trascendental en lo relacionado con la docencia, con la actualización y apropiación del conocimiento y con la investigación. El equipamiento no es solamente laboratorios y equipos de ensayo, experimentación, modelamiento y medición; también es equipo para la docencia, para la elaboración de documentos y para la utilización efectiva de la informática y la comunicación.

**4.5. Procesos Pedagógicos.** Este factor condiciona en altísima medida la posibilidad de convertir en realidad las características de formación que persigue el programa y la institución y el desarrollo de las más elevadas capacidades intelectuales de los estudiantes. Estos procesos se caracterizan por unas modalidades pedagógicas que permitan educar para lograr desarrollar capacidades de comunicación, autoformación, responsabilidad ética y social, curiosidad y de creación.

**4.6. Bienestar Universitario.** El adecuado desarrollo del programa curricular, que está elaborado e impulsado por personas pertenecientes a la comunidad universitaria, requiere de un clima y de unas acciones promovidas por la institución que favorezcan el respeto y el reconocimiento de los valores de los demás, el acceso a las manifestaciones del arte y de la cultura, la posibilidad de recreación y de practicar deportes, la atención médica y la salud. Todos los aspectos mencionados se incluyen en otro factor de calidad, el bienestar universitario, que en realidad representa un acondicionamiento de la calidad institucional.

**4.7. Efectos del Programa:** Este Factor, que se ha considerado en el sistema, incluye tanto los resultados mensurables de la acción de sus egresados como la influencia que la tradición, la



investigación y la proyección social del programa tienen en el medio externo. Todos estos efectos son de calidad si contribuyen a la difusión y creación del conocimiento, a la superación de los problemas sociales y al mejoramiento de las condiciones de producción y de distribución de los bienes y servicios.

## **5. LA AUTOEVALUACIÓN: UN PROCESO INTEGRAL.**

El proceso de autoevaluación sigue una secuencia que parte del análisis de la información disponible, objetiva y veraz, pertinente a cada uno de los indicadores. Ese análisis se hace a la luz de unos criterios, establecidos por el modelo, que permiten establecer el nivel de calidad del indicador dependiendo de la existencia y utilización efectiva de ciertos principios, o políticas, y de ciertos recursos.

En un paso siguiente, se debe hacer la síntesis de las evaluaciones individuales de todos los indicadores pertenecientes a un factor para tener una conclusión valorativa sobre la incidencia de ese factor en la calidad del Programa.

De la misma forma, la síntesis de las evaluaciones de los factores brindará el resultado de la evaluación temporal del Programa Curricular como un todo.

Esta labor de síntesis sucesivas no es tan expedita como la que supondría la simple suma ponderada de las evaluaciones parciales. Se debe reconocer la interdependencia e interrelación entre todos los elementos considerados: factores, subfactores e indicadores. Esas dependencias y relaciones se ponen de manifiesto en la necesidad obligada de compartir información por parte de los indicadores y hacen del proceso de autoevaluación un ejercicio bastante complejo en la medida en que exige analizar concienzudamente la naturaleza de esas intrincadas relaciones. Para facilitar ese proceso, se diseñó un sistema de información compuesto por unos archivos básicos que contienen toda la información solicitada. A partir de ellos, mediante su cruce sistemático, se pueden obtener nuevos archivos sintéticos, estadísticas y otras herramientas que permiten estudiar tanto los indicadores individuales como los mismos subfactores y factores. No obstante, aún quedan por diseñar los mecanismos que puedan hacer los procesos de síntesis de evaluaciones a diferentes niveles, reconociendo que lo importante es aprehender la naturaleza de esas relaciones y la medida en que contribuya efectivamente al desarrollo de las características distintivas que el Programa Curricular pretenda alentar entre sus estudiantes, consecuentemente con sus propósitos, metas y objetivos.

Debe entenderse, además, que al tratarse de evaluaciones temporales de procesos formativos dinámicos, las evaluaciones deben considerar tanto la intención del programa para mantener y mejorar permanentemente su calidad como los resultados obtenidos en el cumplimiento de sus funciones esenciales. Debido a ello, la calidad debe verse también, como el énfasis con que esas intencionalidades se manifiestan en las acciones concretas y como la posibilidad real de ser modificadas y perfeccionadas en concordancia con los resultados que se vayan obteniendo.



## 6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El Comité de Autoevaluación ha diseñado un instrumento de autoevaluación basado en un discernimiento minucioso consistente en la identificación y enunciación de los factores, subfactores e indicadores de los que depende el que un programa curricular cumpla con sus objetivos, encaminados todos hacia la formación de un profesional integral consciente de sus responsabilidades derivadas del contexto social en que se desempeñará.

Hasta el presente, se ha diseñado y se ha puesto a prueba el instrumento de evaluación, conjuntamente con el programa de computador que permite almacenar todo el sistema de información y mostrar las relaciones entre las fuentes de información y los elementos requeridos para evaluar, gracias a criterios expeditos, indicadores, subfactores, factores y programa curricular como un todo.

Actualmente se está trabajando en la labor de perfeccionar el instrumento poniéndolo a prueba en el programa de ingeniería civil y en el establecimiento de las guías metodológicas que le permitan al Comité Asesor de Carrera llegar a una evaluación objetiva, examinando la naturaleza de la interacción entre indicadores y su incidencia sobre la calidad de los factores y del Programa. Se considera que este es el punto crucial del modelo y que de él dependerá la pertinencia del diseño de las medidas a emprender.

Naturalmente, todo este trabajo está concebido de manera tal que permita ver la coherencia entre las acciones del programa, sus realizaciones y los objetivos institucionales y del programa, expresados, en el caso de la Universidad Nacional de Colombia, en los Lineamientos y Criterios sobre programas curriculares de pregrado surgidos de la última reforma curricular y en los planes de desarrollo institucionales.



# LA FORMACIÓN DEL PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y LOS DESAFÍOS DE LA NUEVA REALIDAD MUNDIAL

**Claudio da Rocha Brito**

Facultad de Ingeniería

Centro Universitário Lusíada, Santos, Brasil

E-mail: cdrbrito@lusiada.br

**Ari Antonio da Rocha**

Programa de Mestrado en Ingeniería Mecánica y Curso de Arquitectura

Universidad Federal de Rio Grande del Norte, Natal, Brasil

E-mail: ari@digicom.br

## RESUMEN

**(Realidad)** El cambio de paradigmas de la sociedad y la globalización de la economía, definen una nueva realidad mundial, donde asumen grande importancia la generación y aplicación de conocimientos científicos, como instrumentos para promocionar el desarrollo. Eso permite superar las presentes dificultades, profundizar la evaluación y incluso la revisión de la formación del ingeniero, hoy reconocidamente conservadora. **(Propuesta)** Este trabajo presenta algunos datos básicos de la propuesta didáctica, adoptada como experiencia piloto, donde el planteamiento básico es una nueva actitud para la enseñanza, apoyada en la investigación, donde el estudiante empieza, desde el primer año de estudios, a elaborar proyectos de iniciación científica, disminuyendo los conflictos entre aprendizaje académico y uso efectivo de este conocimiento. **(Justificación)** Al trabajar con proyectos en que debe definir una propuesta coherente, desarrollar el trabajo (internamente a los laboratorios de la Universidad o al ambiente de una empresa), obtener resultados y sacar conclusiones críticas, el alumno consigue integrar conceptos teóricos y prácticos, acercándose de las nuevas exigencias de un mercado de complejidad creciente, donde es predominante la competencia, en todos los niveles. **(Conclusiones preliminares)** Así la capacidad de desarrollar trabajos individuales y actividades en grupo, sin las desventajas de reducción del nivel de sus estudios, permite al estudiante tener conciencia de dominar un conjunto de conocimientos útiles, que amplían su autoconfianza y madurez para el trabajo. A su vez, las empresas, más y más empeñadas en la búsqueda de recursos humanos calificados, prefieren este tipo de joven profesional que, por la característica de su experiencia académica, permite reducir el tiempo de entrenamiento y adaptación al sistema productivo.

Palabras Clave:

**Enseñanza**

**Investigación**

**Ciencia**

**Calidad**

**Empresa**



## 1. INTRODUCCIÓN

*"El (falso) problema de investigación versus enseñanza se superará por la generalización de la investigación: todo en la escuela del futuro será actividad de indagación y desafío para descubrir soluciones nuevas. (...) La actividad del alumno no deberá ser, fundamentalmente, distinta de aquella del científico."*<sup>[1]</sup>

Lauro de Oliveira Lima (1971)

La ingeniería es el más importante medio de transformar invenciones de todas las áreas del conocimiento en innovaciones, bienes de consumo y servicios. Los ingenieros son creadores por excelencia y con grande capacidad y emprendedorismo; concientes de que no es suficiente ser buenos: es necesario ser lo mejor, porque "analfabetos tecnológicos" no serán capaces de mantenerse activos en la nueva configuración del mercado de trabajo. El más importante desafío para las instituciones de enseñanza de ingeniería, hoy, es como preparar los ingenieros para el próximo siglo.

Esta propuesta se basa en la transmisión de conocimiento científico, aun sean elevados su grado de complejidad y las posibilidades de reproducción. De aquí en adelante, las naciones que no fueren capaces de desarrollar tecnología de base científica, dentro la nueva realidad de intensa competencia del mercado global, muy temprano se transformarán en periféricas. No es necesario nombrar las razones que hacen la ingeniería importante para el desarrollo de los países.

En Brasil la situación actual es alarmante! No más que el 10% de los estudiantes que recién concluyan los cursos universitarios, pertenecían a la área de las ingenierías, cuando que en Japón este porcentaje es de unos 50%, en China los 60% y, aún en los países que presentan niveles más bajos, como en Estados Unidos de América, alcanza a los 23%. Una análisis sencilla indica que Brasil se encuentra en desventaja, aún la calidad de sus cursos de ingeniería pueda atenuar la gravedad de este problema.

La superación de estas dificultades para suplir la necesidad nacional y preparar un nuevo tipo de ingeniero capaz de enfrentar los desafíos de los próximos años, llevarán a la creación de una "experiencia piloto" en el curso de Ingeniería Eléctrica y de Computación de la Universidad de Santos. Há consistido en la aplicación de una innovadora metodología de enseñanza y aprendizaje, que apunta en la dirección de preparar mejor a los estudiantes, frente a la competencia de un mercado mundial en constante cambio, nominado proyecto de "Iniciación Científica y Tecnológica".

Consiste en una sistemática de educación donde los estudiantes empiezan a concebir, desarrollar y aplicar proyectos de ingeniería, desde sus primeras actividades en la universidad, inmediatamente pasado el periodo inicial de revisión y actualización de conceptos. Los resultados obtenidos son presentados en forma de 'papers', dentro un Congreso de Iniciación Científica que se hace realizar al final de cada año.

## 2. EL PROYECTO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

La Universidad de Santos, por su situación en la ciudad de Santos, región de São Paulo, donde están ubicados lo más importantes puerto marítimo y el más moderno parque industrial de Brasil, há sido elegida para que se hiciera la experiencia piloto se há referido, de esta nueva metodología



de enseñanza. Se está adoptando un riguroso proceso de selección para la admisión de los estudiantes, para garantizar la calidad de los cursos, gracias a una estructura eficiente de acceso Internet, bibliotecas, laboratorios y incluso el apoyo de técnicos calificados.

La filosofía adoptada en este proyecto se basa en ofrecer a los estudiantes un sólido conocimiento profesional, asociada a una base de formación humanística, dentro a una estructura curricular adecuada, mas flexible para garantizar la adquisición de habilidades que le permitan un buen desempeño profesional frente a los desafíos del futuro.

La solución encontrada consiste en la unión de un elevado proceso académico, con fuerte énfasis en las actividades de iniciación científica, que puede beneficiar al estudiante, mas incluso representar ventajas para la Universidad y para las Empresas asociadas a esta iniciativa.

Cada uno de los proyectos desarrollados por los estudiantes al largo del año, debe presentarse en un "Congreso de Iniciación Científica", por medio de una sesión pública ante un jurado de tres profesores de la área de conocimiento específica, que evalúan sus méritos. El presidente de este jurado es el coordinador e, la aceptación de este trabajo académico hace al estudiante aprobado para el siguiente periodo. Todos los trabajos son compilados en las Memorias del Congreso, con el título y los autores, para divulgación dentro la comunidad académica y otros sectores de interés, como centros de investigación científica, empresas o la sociedad en general.

Así los alumnos son estimulados a asumir más responsabilidades, desarrollando un trabajo más intenso para asegurar los puntos para sus proyectos. Permanecen todos los días, sea en la Universidad (en clases, utilizando bibliotecas y laboratorios) o junto a los laboratorios de las empresas asociadas, para concluir sus tareas de investigación y estudios por el final de las tardes y noche. Además de este trabajo, los estudiantes tienen otras clases y actividades a desarrollar a lo largo del año académico.

Esta metodología se desarrolló teniendo cuenta a los siguientes aspectos:

- la Economía Global que tiene grande importancia sobre la Educación, con la caída de los límites y el intercambio de ideas, tecnológico y cultural;
- las transformaciones tecnológicas, sobretudo en lo que se refiere a los transportes y la comunicación, que reducen las distancias;
- los cambios del intero Sistema Productivo;
- los dramáticos cambios en las relaciones de trabajo;
- el nuevo mercado de trabajo emergente, en consecuencia de las realizaciones decorrentes de los avances tecnológicos;
- de la misma manera, las transformaciones sociales consecuentes provocan profundos y fuertes cambios en las relaciones humanas;
- la Política Educacional del País;
- los recursos humanos y materiales disponibles en la Universidad, que incluyen bibliotecas, laboratorios técnicos eficientes, además de profesores calificados, técnicos capaces y alumnos que ingresan por medio de riguroso examen de selección;
- el momento histórico y cultural que atraviesa el País, así como el facto de tratarse de un país "en desarrollo";
- la situación geográfica de la región: Santos hace parte de lo que se denominó la "Región Metropolitana de Santos". Con una población de un millón de habitantes, que incluye el más importante puerto de mar (responsable por la salida de la mayor parte de las exportaciones brasileñas) y la ciudad de Cubatão, uno de los más largos parques industriales de América del Sur. Pero por caracterizase aun como local turístico, con más que 7 Km. de playas y muy



cercano de São Paulo, pude llegar por los tres millones en el período de vacaciones estivas. En Santos están ubicadas 5 universidades, que reciben non solo los estudiantes de las ciudades linderas, más de todo el Estado de São Paulo y incluso otros estados brasileños.

Lo que se pude observar és que este método permite la elevación del nivel de exigencias, con la adopción de estudios que puntan en la formación de buenos profesionales de Ingeniería y buenos investigadores científicos. Es tradicional que los egresos de la Universidad de Santos, vengan a tornarse los directivos más importantes de los diversos segmentos de la comunidad de Santos.

## **2.1. La Iniciación Científica y Tecnológica**

La iniciación científica és un eficiente proceso de integración entre teoria y practica, pues desde el primer año de curso, los alumnos deben concebir proyectos, desde su propuesta, desarrollo de las actividades y, por fin sacar conclusiones. Los proyectos se deben realizar individualmente y presentar en el Congreso que se realiza a cada año, donde son invitados profesores especialistas de otras instituciones, para el proceso de evaluación.

El objetivo más importante és reducir los conflictos entre el aprendizaje academico y el uso del conocimiento, para proveer los estudiantes de datos teóricos y practicos. De esa manera podrán incorporar conocimientos de las áreas de las Ingenierías, dentro el proceso de creación de proyectos.

Há sido propuesto teniendo cuenta de los cambios de la practica profesional. Así los cursos tenden a una organización generalista, que hace posible enfrentar las rapidas mutaciones del conocimiento, haciendo necesaria una coherencia lógica entre los contenidos básicos y necesidades específicas de los cursos de Ingeniería. Se asocia a eso la remoción radical de todo tipo de repetición.

## **2.2. El Congreso de Iniciación Científica y Tecnológica**

Frente a la competencia y los rápidos cambios en este mercado de trabajo globalizado, hay que adoptar soluciones profesionales en la formación de Ingenieros. Sobre todo por la capacidad de crear proyectos innovadores y aun desarrollar ciencia y tecnologia.

La unión do teoria y practica alcanzada en esta metodologia incluye la movilización de toda la institución en la realización de un "Congreso de Iniciación Científica y Tecnológica" anual, por el final del año, donde los trabajos son evaluados y presentados en sesión pública a las comunidades académica, científica y empresarial de la región de Santos.<sup>[2][3]</sup>

Las sesiones son presididas por el profesor coordinador del la actividad de Iniciación Científica, donde los estudiantes presentan sus proyectos ante un jurado de que hacen parte el profesor orientador del alumno y profesores especialistas de otras instituciones, especialmente invitados para esta evaluación. La aprobación del trabajo és condición necesaria para que el alumno sea aprobado en el curso. El desarrollo de un proyecto y el punteo que debe recibir, representan una fuerte carga de tensión que ayuda a preparar los futuros profesionales para la presión típica de las situaciones reales del mercado de trabajo.

Los buenos resultados obtenidos con la realización del Congreso, estimulan a ampliar el ámbito de esta practica para los demás cursos de la Universidad, ofrecendo a los estudiantes de todas las áreas del conocimiento la oportunidad de presentar su capacidad a la comunidad. Esto debe hacer



parte de la filosofía de integración teoría/práctica de la Universidad de Santos<sup>[4]</sup>, incluso como facto inductor del proceso de interacción Universidad/Empresa.

### **3. EL CURRÍCULUM DE INGENIERÍA**

#### **3.1. Curso Preliminar**

La quincena que precede el inicio de las clases se reserva para que los estudiantes del primer año participen de un Curso Preliminar que establece un nivel referencial común, además de ayudar a los alumnos a alcanzar mejores desempeños al largo de todo el curso. La selección de los temas se hace considerando las necesidades identificadas durante el curso, de ofrecer a los estudiantes conocimientos previos que se necesita recordar, tales como:

- Iniciación al Cálculo;
- Metodología Científica;
- Historia de la Ingeniería;
- Recursos Humanos;
- Ampliación de la Creatividad.

#### **3.2. Curso Regular**

Para implantar a un nuevo curso de Ingeniería, la primera preocupación ha sido de crear un currículum dinámico, que fuera actual y flexible para acompañar la velocidad de los cambios en casi todas las áreas del conocimiento científico y tecnológico<sup>[5]</sup>. Así se hace necesario establecer un tipo de organización estratégica por la creciente necesidad de reorganización curricular, que incluye:

- atención a las mutaciones de las prácticas profesionales;
- los cursos tienden a una organización generalista para poder atender a los cambios en el campo del conocimiento;
- coherencia entre contenido básico de las materias y necesidades específicas de los Cursos de Ingeniería;
- y sobre todo la remoción radical de todas las desnecesarias repeticiones de contenido

Otras preocupaciones de adecuación didáctica a las prácticas escolares en las cuales el proceso se desarrolla, pueden ser tentadas por medio de:

- hacer que el alumno pueda sentirse un “estudiante de Ingeniería” desde el inicio del curso, investigando y utilizando lenguaje/conocimientos técnicos;
- mantener atención con los estudiantes, incluyendo el apoyo y asistencia permanente de un profesor orientador, en la vida académica y para la elaboración de su proyecto de iniciación;
- locales apropiados para estudiar en la Universidad;
- actualización permanente de bibliotecas y laboratorios.

#### **3.3. Resultados**

La calidad de los trabajos presentados en el Congreso de Iniciación ha mejorado a cada año.



Los profesores demuestran satisfacción con la experiencia de consejeros, que les permite obtener un 'feed-back' aplicable al contenido de las clases. Los estudiantes empiezan a comprender que este sistema de aprendizaje, no solo por el conocimiento, mas porque los hace más preparados, por medio de la oportunidad de desarrollar investigación científica, que tiene importancia creciente para sus carreras profesionales. A su vez, la comunidad empresarial participa activamente de los Congresos para informarse sobre lo que se produce en la Universidad y para conocer mejores a los futuros ejecutivos.

#### 4. CONCLUSIONES

Este tipo de educación presenta buenos resultados haciendo ver que, aun necesitando de continuas mejoras, el camino propuesto vá nel sentido correcto. La satisfacción de estudiantes y profesores, se refleja en el entusiasmo con el trabajo que desarrollan. La comunidad industrial se hace presente a los Congresos, como una señal de su interés en atraer los estudiantes para el campo de trabajo, además de sintónica con la metodología adoptada.

Los beneficios más importantes de este tipo de enseñanza, se encuentran en las habilidades que provee a los estudiantes, que al concluir e curso inician su vida profesional con una experiencia equivalente a más que dos años de trabajo. Eso asociado a la capacidad de comunicación que consigue con las presentaciones y debates públicos que debe hacer en los Congresos. De esta manera el estudiante se queda más capacitado para hacer frente a desafíos del nuevo modelo de sociedad global, que favorece a los emprendedores. Son capaces de iniciativas que pueden incluir la organización de sus propias empresas, sobretudo cuando asociadas a los sistemas de Parques Tecnológicos y Incubadoras de Empresas. Todo esto confiere una mayor autoconfianza que permite al joven enfrentar la competencia que caracteriza al presente modelo económico y a los costantes cambios inherentes al mercado global de trabajo.

#### REFERENCIAS

- [1] - L. de O LIMA, *Mutações em educação segundo McLuhan* (1980). Vozes, Col. Cosmovisão, 14 edición, Petrópolis (RJ), Brasil.
- [2] - 1<sup>er</sup> Workshop de Engenharia Elétrica e de Computação, *Anais* (1997). UniSantos, Santos (SP), Brasil.
- [3] - 2<sup>do</sup> Workshop de Engenharia Elétrica e de Computação, *Anais* (1998). UniSantos, Santos (SP), Brasil.
- [4] - C. da R. BRITO y M. M. C. T. da R. BRITO, "Engineering Education for the Next Century" in *Referate des 27. Internationalen Symposiums 'Ingenieurpädagogik 98'* - (1998). IGIP, Moscú, Rusia.
- [5] - G. CHEVALIER, "La gestion opaque de la recherche universitaire" in *La Recherche* n° 306 (1998). Paris, Francia.



# APORTES DE LA UNIVERSIDAD DEL NORTE EN LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS ISO-9000 EN LAS PYMES

**División de Ingenierías**  
**Especialización en Gerencia de la Calidad**  
**Ing. Rodrigo Barbosa Correa**

La Universidad del Norte y la División de Ingenierías consideraron necesaria la creación de un programa de especialización en Gerencia de la Calidad.

El programa se creó al detectar la necesidad del medio por disponer del personal capacitado que pueda liderar la gestión y mejoramiento de procesos productivos en empresas de bienes y/o servicios.

Se han graduado dos promociones; la tercera y la cuarta está cursándose actualmente.

La especialización ha propiciado a varias empresas la obtención de la certificación ISO - 9000 y ha realizado varias investigaciones sobre el particular en la región. Los resultados de una de ellas se expone en el presente trabajo.

El plan de estudios comprende:

- Gerencia de la Calidad y Talento Humano
- Normalización y Aseguramiento de la Calidad
- Gestión y Mejoramiento de Procesos

El área de Gestión y Mejoramiento tiene como línea de pensamiento principal la teoría de restricciones (TOC) con base en los planteamientos E. Goldratt, lo cual le ha permitido establecer ventajas competitivas con relación a otros programas similares.

## ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO DE BARRANQUILLA FRENTE A LA NORMA ISO-9000

Para realizar la clasificación en la pequeña y mediana empresa del sector Metalmecánico de la ciudad de Barranquilla se tuvo en cuenta como fuente de información la Cámara de Comercio.



Para la obtención de los datos se seleccionó la combinación de encuesta y entrevista persona a persona, ya que las pequeñas y medianas empresas del sector Metalmecánico, en general, son muy celosas al brindar el tipo de información que el estudio requiere; por lo cual, se hace necesario explicar de forma directa, concisa y clara en que consiste la investigación, cual es su objetivo y la importancia que tiene para el sector.

Se procedió a escoger al azar veinte (20) empresas del listado entregado por la Cámara de Comercio de Barranquilla, sin tener en cuenta su ubicación pero si el tamaño de pequeña y mediana empresa. Se obtuvo la información de las 20 empresas del sector Metalmecánico. Los resultados se presentan a continuación, agrupados de acuerdo con el tipo de información obtenida.

## RESULTADOS

Mediante la utilización del modelo de evaluación NORMA ISO - 9000 se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla:



**TABLA No. 1.**

| ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN ACTUAL<br>DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL<br>SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE<br>BARRANQUILLA Y LOS REQUISITOS DE LA ISO 9000 |                                                                   |                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------|
|                                                                                                                                                                                |                                                                   | %                            |            |
|                                                                                                                                                                                |                                                                   | SITUACIÓN                    | S/NORMA    |
|                                                                                                                                                                                | REQUISITOS                                                        | ACTUAL                       | ISO 9000   |
| 1                                                                                                                                                                              | Responsabilidades gerenciales                                     | El 65% si aplica la norma    | Regular    |
| 2                                                                                                                                                                              | Sistema de calidad                                                | El 54% si aplica la norma    | Regular    |
| 3                                                                                                                                                                              | Revisión del contrato                                             | El 76.5% si aplica la norma  | Bueno      |
| 4                                                                                                                                                                              | Control del diseño                                                | El 51.94% si aplica la norma | Regular    |
| 5                                                                                                                                                                              | Control de documentos y datos                                     | El 43% si aplica la norma    | Deficiente |
| 6                                                                                                                                                                              | Compras                                                           | El 60% si aplica la norma    | Regular    |
| 7                                                                                                                                                                              | Control del producto<br>suministrado<br>por el cliente.           | El 38% si aplica la norma    | Deficiente |
| 8                                                                                                                                                                              | Identificación y trazabilidad del<br>producto.                    | El 37.2% si aplica la norma  | Deficiente |
| 9                                                                                                                                                                              | Control del proceso                                               | El 66.7% si aplica la norma  | Regular    |
| 10                                                                                                                                                                             | Inspección y ensayo                                               | El 60% si aplica la norma    | Regular    |
| 11                                                                                                                                                                             | Control del equipo de inspección,<br>medición y ensayo.           | El 50% si aplica la norma    | Regular    |
| 12                                                                                                                                                                             | Estado de inspección y ensayo                                     | El 35% si aplica la norma    | Deficiente |
| 13                                                                                                                                                                             | Control de producto no conforme.                                  | El 55% si aplica la norma    | Regular    |
| 14                                                                                                                                                                             | Acción correctiva y preventiva.                                   | El 53.5% si aplica la norma  | Regular    |
| 15                                                                                                                                                                             | Manejo, almacenamiento,<br>empaquete, preservación y<br>despacho. | El 57% si aplica la norma    | Regular    |
| 16                                                                                                                                                                             | Control de los registros de<br>calidad                            | El 55% si aplica la norma    | Regular    |
| 17                                                                                                                                                                             | Auditorías internas de calidad.                                   | El 40% si aplica la norma    | Deficiente |
| 18                                                                                                                                                                             | Entrenamiento.                                                    | El 40% si aplica la norma    | Deficiente |
| 19                                                                                                                                                                             | Servicio asociado                                                 | El 25% si aplica la norma    | Deficiente |
| 20                                                                                                                                                                             | Técnicas de estadísticas                                          | El 37.4% aplica la norma     | Deficiente |
| Según criterio de la escala de clasificación, asigna valores de excelente, bueno,<br>regular y deficiente a los siguientes:                                                    |                                                                   |                              |            |
| 90 - 100%                                                                                                                                                                      | Excelente.                                                        |                              |            |
| 71 - 89%                                                                                                                                                                       | Bueno.                                                            |                              |            |
| 50 - 70%                                                                                                                                                                       | Regular.                                                          |                              |            |
| Menos de 50% deficiente                                                                                                                                                        |                                                                   |                              |            |



## **ANALISIS COMPARATIVO DE LA SITUACION ACTUAL DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR METALMECANICO DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA Y LOS REQUISITOS DE LA ISO-9000.**

Con base en lo anterior y la tabla No.1, podemos concluir que los empresarios deben buscar estrategias para mejorar la situación con el fin de evitar el deterioro de las pequeñas y medianas empresas de productos metálicos.

Para poder cumplir con el 100% de la aplicación de la norma y alcanzar la certificación, se requiere que este sector realice un análisis profundo en lo relacionado con cada uno de los requisitos para determinar que les falta para efectos de alcanzar la certificación.

De acuerdo con el resultado de las encuestas las pequeñas y medianas empresas del sector metalmeccanico de Barranquilla, poseen una cultura empresarial orientada al cliente, la cual se puede perder pero se perderá si el sector no cuenta con la capacidad técnica (Norma ISO 9000); ya que no es solo la actitud personal hacia el comprador sino que se requiere que alguna autoridad en el tema certifique que la preocupación por el cliente va más allá de una simple frase publicitaria.

### **PROCESO PROPUESTO PARA LA CERTIFICACIÓN.**

Se propone lo siguiente:

1. Antes de iniciar la auditoría, la firma certificadora solicita y revisa el Manual de Calidad de la empresa.
2. El auditor externo enviará a la empresa una programación detallada de su visita.
3. El auditor debe mostrar sus credenciales para facilitar su identificación y reunir a los interesados para, explicar el procedimiento a seguir. Debe solicitar un acompañante permanente de la empresa.
4. El auditor está en libertad de hablar con las personas que considere relevantes, al igual que solicitar documentos referidos al sistema de calidad, siempre y cuando siga el itinerario preestablecido. La empresa podrá hacer correcciones que considere necesarias sobre la marcha.
5. Presentar a la gerencia de la empresa el informe para que se realicen la correcciones con el tiempo estipulado por la firma certificadora.
7. Al terminar la auditoria, el auditor realizará otra reunión para comunicar su decisión de recomendar o no la certificación. Deberá sustentarla y advertir si va a solicitar correcciones.
8. Posterior a la visita, el auditor enviará un informe escrito sobre su trabajo con copia al ente acreditador.
9. Las pequeñas y medianas empresas, pueden solicitar a la firma certificadora, realizar una simulación de la auditoría externa.

La empresa podrá denunciar ante el acreditador cualquier conducta no profesional o no ética del auditor, quién sería sancionado.



## CONCLUSIONES

1. Estas empresas presentan políticas de calidad, pero en la mayoría se notó la falta de un concepto claro en la definición de la calidad.
2. Aproximadamente el 30% de las empresas encuestadas no conocen nada acerca de la norma ISO-9000, el 40% de ellas si conocen la norma y los procedimientos, más no lo aplican en su totalidad. El resto conoce de la existencia de la norma, pero no de su contenido.
3. De las empresas que conocen y disponen procedimientos para su aplicación, solo el 66% tiene control para estos documentos y datos.
4. El 55% de las empresas encuestadas no tienen idea de cuánto cuesta la aplicación de la calidad ni de los beneficios que reporta, y el 60% de las mismas no posee presupuesto para invertirlo en calidad.
5. El 45% de las empresas no poseen procedimientos documentados para asegurar que cualquier producto no conforme con los requisitos especificados no puede ser utilizado y despachado.
6. Las pequeñas y medianas empresas del sector metalmecánico de Barranquilla no poseen proceso para la certificación.

En términos generales estos son los aspectos más relevantes encontrados en la investigación realizada con respecto a la norma ISO 9000 en las pequeñas y medianas empresas del sector metalmecánico de la ciudad de Barranquilla.

Actualmente las empresas tienen grandes oportunidades para utilizar todas las herramientas de la administración moderna a fin de mejorar la calidad de sus productos y servicios. Pueden acceder a gran información vía internet, textos, asesoría y capacitación. En estos tiempo es demasiado arriesgado querer manejar a la antigua un negocio en crecimiento, se necesita un cambio de modelo mental, pues las empresas deben prepararse estratégica y psicológicamente para afrontar la competencia local e internacional.



# **LA EXPERIENCIA DEL SAAPI**

**Victoria Beatriz Durán Betancourt**

**Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI**

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**

## **RESUMEN**

En el numeral 1. se presentan los puntos fundamentales de un modelo de evaluación con fines de acreditación; partiendo de lo que significa evaluar se hace énfasis en la importancia que tiene el que la evaluación sea permanente, que para obtener una evaluación objetiva y comparable se debe contar con un modelo contra el cual se efectuará la comparación y se enfatiza el objeto de la evaluación o sea el mejoramiento continuo de los programas académicos. En el numeral 2. se describen las partes fundamentales del modelo de evaluación empleado para realizar las pruebas piloto, o sea la primera versión del SAAPI. En el numeral 3. Se mencionan los aspectos más importantes de la experiencia obtenida en la aplicación del SAAPI, en el numeral 4. se presentan los valores mínimos o rangos aceptables para los criterios cuantificables y la clasificación de los criterios para efectuar la ponderación de los mismos. En el numeral 5. Se plantean las conclusiones obtenidas después de realizar un proceso de evaluación con fines de acreditación.

## **1. ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA EVALUACION**

Para el diseño de un modelo de evaluación es necesario partir del significado de evaluación. ¿Qué significa evaluar? Para el diseño del SAAPI se consideró la evaluación como “un proceso dinámico y permanente mediante el cual se valora la calidad de una realidad valiéndose de patrones de contrastación para la obtención de información que permita la toma de decisiones en función del mejoramiento continuo”<sup>1</sup>.

En esta definición hay varios aspectos importantes de resaltar: la evaluación debe ser un proceso dinámico y permanente para poder obtener resultados satisfactorios; la primera vez que se efectúa una evaluación pueden identificarse una serie de debilidades que es necesario corregir, una vez establecidos los correctivos se debe evaluar nuevamente para determinar el grado en que se han mejorado los aspectos encontrados como débiles, y así en forma continua mejorar los puntos débiles y ser conscientes de las fortalezas para aprovecharlas en beneficios del mismo. Una evaluación esporádica o coyuntural hecha porque está establecido por una norma, o porque es una decisión Institucional no puede tener los mismos resultados de la evaluación permanente con el convencimiento de que es para ofrecer un mejor programa académico.



Un segundo punto fundamental es que mediante el proceso se valora la calidad de una realidad; la realidad en el caso del SAAPI es un programa académico que conduce al título de ingeniero. Fue necesario entonces definir en forma clara y precisa el objeto de evaluación, considerando todos los aspectos que inciden en el proceso de formación de un ingeniero y en el resultado del mismo. Es así como para el SAAPI un programa académico es **“una experiencia educativa mediante la cual se adquieren conocimientos teóricos y prácticos, y el desarrollo de actitudes, aptitudes y valores requeridos en la formación de un ingeniero que contribuya a la transformación y enriquecimiento del entorno a través de cursos módulos, y actividades estructuradas en una secuencia lógica y coherente, para lo cual se debe contar con los recursos humanos, físicos y económicos necesarios”**<sup>ii</sup>. De esta definición se desprenden los elementos que serán motivo de evaluación.

En tercer lugar evaluar implica comparar, se requiere entonces tener un modelo contra el cual efectuar la comparación, este modelo es lo que para el SAAPI se ha llamado **“patrón de contrastación”**. Es posible comparar lo realizado contra lo planeado, también es posible comparar un programa académico con otro considerado como de calidad, pero si la evaluación de un programa se efectúa con fines de acreditación la comparación debe realizarse con el mismo patrón de lo contrario los resultados no serán objetivos ni comparables.

Finalmente en la definición se plantea claramente que la evaluación busca la obtención de información para la toma de decisiones en función del mejoramiento continuo y este es realmente el fin de la evaluación.

## **2. EL MODELO DE EVALUACION EN SU PRIMERA VERSION**

Partiendo de la definición de evaluación y de lo que se considera un programa académico se desarrolló el modelo de evaluación del SAAPI, el cual comprende lo que se evalúa y como se evalúa, esto no es otra cosa que las **“unidades de análisis”**. Para el SAAPI las unidades de análisis y sus definiciones son las siguientes<sup>iii</sup>:

- ❖ **Componente** : Conjunto de elementos que conforman e inciden en un programa académico
- ❖ **Variable** : Conjunto de elementos que caracterizan a una componente.
- ❖ **Indicador** : Manifestación de una variable mediante la cual es posible su observación y valoración.
- ❖ **Criterio** : Norma que permite establecer la calidad de una variable a través de uno o varios indicadores.

De acuerdo con estas unidades de análisis, el programa académico se dividió en cinco componentes: Plan curricular, Actores, Procesos, Recursos y Entorno, las cuales a su vez se subdividieron en una serie de variables. La Tabla No. 1 muestra las componentes y variables que constituyen el modelo SAAPI; se definieron de igual forma los criterios generales de valoración, los cuales se muestran en la Tabla No. 2.

Para cada variable y cada criterio de valoración se determinaron una serie de indicadores que facilitan su observación y valoración, pero dado el número de indicadores que contiene el modelo no es



posible presentarlos de igual forma que las componentes y variables. A manera de ejemplo en la Tabla No. 3 se presentan los indicadores utilizados para cada uno de los criterios de valoración de la variable "Plan de estudios" la cual hace parte de la componente "Plan curricular".

### 3. APLICACIÓN DEL MODELO DE EVALUACION

En las primeras pruebas que se efectuaron con el SAAPI se empleó el modelo de evaluación contenido en la primera versión del SAAPI, que se ha descrito en el numeral 2., el cual comprendía la definición de las unidades de análisis y el conjunto de componentes y variables en que se desagregó el programa académico, los indicadores adecuados para cada variable y cada criterio y los criterios de valoración, generales y específicos. El modelo de evaluación descrito sólo permitía efectuar una evaluación diagnóstica, es decir aquella que conduce a identificar fortalezas y debilidades a criterio del evaluador, porque no existía un patrón de contrastación previamente definido. En estas condiciones el evaluador utiliza su propio patrón para comparar el programa académico, posiblemente sea aquel programa que él conoce y considera de calidad; la evaluación en este caso tiene un alto grado de subjetividad y no es comparable.

### 4. EL MODELO DE EVALUACION EN SU SEGUNDA VERSION

La segunda versión del SAAPI incluye el patrón de contrastación, este patrón contiene los criterios de calidad deseados en la actualidad para un programa de ingeniería. Estos criterios de calidad se pueden hacer con el tiempo más exigentes con el fin de subir el nivel académico de los programas y la calidad de la ingeniería colombiana.

El patrón de contrastación del SAAPI comprende para cada uno de los criterios de valoración cuantificables el valor mínimo o el rango dentro del cual debe encontrarse la magnitud correspondiente al criterio especificado y que es considerada como criterio de calidad; contiene además la clasificación de los diferentes criterios en tres categorías para efectos de ponderar los resultados de la valoración de cada uno, para llegar finalmente a decidir si el programa tiene la calidad establecida o no la tiene.

La tabla No. 2 contiene los criterios generales de valoración<sup>iv</sup>; estos criterios aplicados a las diferentes variables constituyen los criterios específicos, por ejemplo la coherencia es un criterio general cuando se evalúan los objetivos del programa el criterio específico será la coherencia entre los objetivos del programa y la visión y misión institucional; este es un criterio **cuantitativo**. La suficiencia es un criterio general, cuando se valora la variable plan de estudios, un criterio específico es "la suficiencia de los componentes teórico y práctico", en este caso el criterio es cuantificable y la magnitud de los componentes teórico y práctico establecida por el SAAPI es entre 70% y 80% para el componente teórico y entre 20% y 30% para el componente práctico. La Tabla No. 4<sup>a</sup> muestra para la componente **Plan Curricular** y la variable **Plan de estudios** los diferentes criterios de valoración, los indicadores, las magnitudes y el valor de ésta especificado por el SAAPI.

En relación con la ponderación de resultados se clasificaron los criterios de valoración de la siguiente forma:

- ❖ **EI.** Estrictamente indispensable. Significa que el programa en proceso de evaluación debe para todos los criterios clasificados como "estrictamente indispensable" un resultado satisfactorio.



- ❖ **MD:** Muy deseable. Significa que los criterios clasificados como muy deseables deben obtener un resultado satisfactorio en un porcentaje menor del 100%.
- ❖ **D:** Deseable. Significa que los criterios clasificados como deseables deben obtener un resultado satisfactorio en un porcentaje mucho menor que los clasificados como muy deseables.

Esto implica de dos programas diferentes pueden ser acreditado sin cumplir con los mismos criterios clasificados como MD y D, pero si deben tener el mismo porcentaje de criterios clasificados como MD y como D; además deben cumplir con todos los criterios clasificados como EI.

## 5. CONCLUSIONES

El proceso de evaluación de los programas de ingeniería, durante las pruebas piloto, fue una experiencia enriquecedora que permitió efectuar algunos ajustes al SAAPI. De esta experiencia se pueden plantear las siguientes conclusiones:

1. Si la evaluación se realiza con fines de acreditación es indispensable que el Sistema cuente con un patrón de contrastación, que permita efectuar una comparación de los programas con el mismo patrón, obteniendo así resultados objetivos y comparables.
2. Para obtener un mejor resultados en el proceso de evaluación es importante el apoyo institucional, el cual debe reflejarse en la asignación de los recursos humanos, físicos y financieros requeridos para realizar el proceso y en las estrategias empleadas por la Institución para involucrar en el proceso a toda la comunidad.
3. Antes de realizar una evaluación externa o evaluación realizada por pares académicos es importante haber realizado con anterioridad la auto-evaluación, esto conduce a un mayor conocimiento del programa, por parte de la Institución, y a una mayor receptividad de los comentarios que efectúen los pares académicos.



**Tabla No. 1 Componentes y Variables del SAAPI**

| COMPONENTES               | VARIABLES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. PLAN CURRICULAR</b> | 1.1 OBJETIVOS DEL PROGRAMA<br>1.2 PLAN DE ESTUDIOS<br>1.3 PARTICIPACION DE DIFERENTES ACTORES EN LA PROPUESTA Y LA ADMINISTRACION DEL PLAN CURRICULAR<br>1.4 PREVISION DE ACTIVIDADES PROPEDEUTICAS O DE RECUPERACION ACADEMICA<br>1.5 REVISION Y ACTUALIZACION DEL PLAN CURRICULAR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>2. ACTORES</b>         | 2.1 ESTUDIANTES<br>2.1.1 Conocimientos previos de los estudiantes<br>2.1.2 Conocimientos en áreas básicas del bachillerato relacionadas con la Ingeniería<br>2.1.3 Aptitudes específicas de los estudiantes<br>2.1.4 Motivación de los estudiantes dentro del programa.<br>2.2 PERSONAL DOCENTE<br>2.2.1 Nivel de formación académica en su especialidad y en el campo pedagógico<br>2.2.2 Desempeño académico<br>2.2.3 Relación con pares<br>2.3 PERSONAL ADMINISTRATIVO<br>2.3.1 Nivel de formación en el campo administrativo<br>2.3.2 Desempeño laboral<br>2.4 PERSONAL TECNICO<br>2.4.1 Nivel de formación en el campo técnico<br>2.4.2 Desempeño laboral<br>2.5 EGRESADOS<br>2.5.1 Desempeño profesional<br>2.5.2 Nivel de educación permanente<br>2.5.3 Compromiso con la institución<br>2.5.4 Interacción con pares |
| <b>3. PROCESOS</b>        | 3.1 DOCENCIA<br>3.2 INVESTIGACION<br>3.3 EXTENSION<br>3.4 BIENESTAR UNIVERSITARIO<br>3.5 ADMINISTRACION UNIVERSITARIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>4. RECURSOS</b>        | 4.1 BIBLIOTECA Y HEMEROTECA<br>4.2 RECURSOS INFORMATICOS<br>4.3 LABORATORIOS Y TALLERES<br>4.4 PLANTA FISICA Y DOTACION<br>4.5 PRESUPUESTO DEL PROGRAMA ACADEMICO A EVALUAR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>5. ENTORNO</b>         | 5.1 INTERACCION DEL PROGRAMA ACADEMICO CON EL MEDIO<br>5.2 INTERACCION CON LA COMUNIDAD ACADEMICA NACIONAL<br>5.3 INTERACCION CON LA COMUNIDAD ACADEMICA INTERNACIONAL<br>5.4 INTERACCION CON EL SECTOR PRODUCTIVO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |



**Tabla No. 2 CRITERIOS GENERALES DE VALORACION<sup>vi</sup>**

|                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ACTUALIZACION</b> : Concordancia entre las variables y las tendencias del desarrollo científico y tecnológico.                     |
| <b>COBERTURA</b> : Grado de cubrimiento de una variable en relación con la totalidad.                                                 |
| <b>COHERENCIA</b> : Congruencia entre los elementos que conforman el todo y de éstos, con algunos de su entorno.                      |
| <b>CONTINUIDAD</b> : Permanencia en el tiempo. Sin interrupción.                                                                      |
| <b>EFICACIA</b> : Optima relación entre los resultados de los objetivos y las metas y la satisfacción de las necesidades por atender. |
| <b>EFICIENCIA</b> : Logro de los objetivos y metas con la utilización óptima de los recursos disponibles.                             |
| <b>EFFECTIVIDAD</b> : Sumatoria de la eficacia y la eficiencia.                                                                       |
| <b>EQUIDAD</b> : Proceder con justicia.                                                                                               |
| <b>EQUILIBRIO</b> : Proporcionalidad entre las partes que conforman el todo.                                                          |
| <b>EXISTENCIA</b> : Presencia de la variable o del indicador a evaluar.                                                               |
| <b>IMPACTO</b> : Grado de incidencia de las variables en el medio para producir un cambio.                                            |
| <b>PERTINENCIA</b> : Importancia o conveniencia de una variable dentro del todo.                                                      |
| <b>RECONOCIMIENTO</b> : Dar méritos o valor a una idea, objeto, persona o cosa.                                                       |
| <b>SUFICIENCIA</b> : Cumplimiento de los requisitos establecidos para lograr unos o varios objetivos.                                 |
| <b>TRANSPARENCIA</b> : Claridad en los procesos y procedimientos establecidos.                                                        |

**Tabla No. 3 Indicadores y Criterios de Valoración para la Componente Plan Curricular - Variable Plan de Estudios.**

**COMPONENTE:** PLAN CURRICULAR

**VARIABLE:** PLAN DE ESTUDIOS

| CRITERIOS DE VALORACIÓN                                                                                           | INDICADORES                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ♦ La coherencia entre los objetivos de las áreas de formación y los objetivos del programa                        | ✓ Descripción de los objetivos de las áreas de formación<br>✓ Descripción de los objetivos del programa                                        |
| ♦ La coherencia entre los objetivos de las asignaturas y los objetivos del área de formación a la cual pertenecen | ✓ Objetivos de las áreas de formación<br>✓ Objetivos de las asignaturas del plan de estudios                                                   |
| ♦ La coherencia entre los objetivos de las asignaturas y los contenidos de las mismas                             | ✓ Descripción de los objetivos de las asignaturas<br>✓ Programas analíticos de las asignaturas                                                 |
| ♦ La suficiencia de los conocimientos teóricos y prácticos.                                                       | ✓ Número de horas teóricas del programa/ total de horas<br>✓ Número de horas prácticas en el programa/ total de horas                          |
| ♦ Equilibrio entre las áreas de formación                                                                         | ✓ Clasificación de las asignaturas por área de formación<br>✓ Número total de horas por área de formación/ total de horas del plan de estudios |
| ♦ Suficiencia de las horas presenciales del plan de estudios                                                      | ✓ Número de horas presenciales del plan de estudios                                                                                            |



**Tabla No. 4. Criterios de Valoración, magnitud, cuantificación de la magnitud e indicadores para la Componente Plan Curricular - Variable Plan de Estudios.**

|                                    |
|------------------------------------|
| <b>COMPONENTE:</b> PLAN CURRICULAR |
| <b>VARIABLE:</b> PLAN DE ESTUDIOS  |

| CRITERIOS DE VALORACIÓN                                                                                         | MAGNITUD                                                                                                                                                                     | CUANTIFICACIÓN                 | INDICADORES                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| La coherencia entre los objetivos de las áreas de formación y los objetivos del programa                        |                                                                                                                                                                              |                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descripción de los objetivos de las áreas de formación</li> <li>✓ Descripción de los objetivos del programa</li> </ul>                                        |
| La coherencia entre los objetivos de las asignaturas y los objetivos del área de formación a la cual pertenecen |                                                                                                                                                                              |                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Objetivos de las áreas de formación</li> <li>✓ Objetivos de las asignaturas del plan de estudios</li> </ul>                                                   |
| La coherencia entre los objetivos de las asignaturas y los contenidos de las mismas                             |                                                                                                                                                                              |                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descripción de los objetivos de las asignaturas</li> <li>✓ Programas analíticos de las asignaturas</li> </ul>                                                 |
| La suficiencia de los conocimientos teóricos y prácticos.                                                       | Componente teórico<br>Componente práctico                                                                                                                                    | 70% - 80%<br>20% - 30%         | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Número de horas teóricas del programa/ total de horas</li> <li>✓ Número de horas prácticas en el programa/ total de horas</li> </ul>                          |
| Equilibrio entre las áreas de formación                                                                         | Área básica (ciencia y tecnología básica)<br>Área de ciencias de la ingeniería<br>Área de ingeniería aplicada<br>Área económico - administrativa<br>Área socio - humanística | 15%<br>15%<br>20%<br>10%<br>5% | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Clasificación de las asignaturas por área de formación</li> <li>✓ Número total de horas por área de formación/ total de horas del plan de estudios</li> </ul> |
| Suficiencia de las horas presenciales del plan de estudios                                                      | Horas por semana<br>Horas totales del programa                                                                                                                               | 16 - 25<br>2,500 - 3,800       | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Número de horas presenciales del plan de estudios</li> </ul>                                                                                                  |

## BIBLIOGRAFIA

DURANBETANCOURT, Victoria Beatriz; BELTRAN VILLAMIZAR, Yolima; RECIO BURITICA, Alvaro; RODRIGUEZ PARRA, Guillermo. Fundamentación Teórica y Estructura del Sistemas, septiembre de 1997, Santafé de Bogotá.

DURAN BETANCOURT, Victoria Beatriz, BOTERO A, Javier; GIL Y ARIAS, Stella; RECIO B., Alvaro; SANTOS G, Germán; Sistema de Acreditación y Asesoría para Programas de Ingeniería, segunda versión, julio de 1999, Santafé de Bogotá.

<sup>i</sup> DURANBETANCOURT, Victoria Beatriz; BELTRAN VILLAMIZAR, Yolima; RECIO BURITICA, Alvaro; RODRIGUEZ PARRA, Guillermo. Fundamentación Teórica y Estructura del Sistemas, septiembre de 1997, Santafé de Bogotá, p 18.



<sup>ii</sup> Op. Cit. p 32

<sup>iii</sup> Op. Cit. p 35

<sup>iv</sup> DURAN BETANCOURT, Victoria Beatriz; BOTERO A, Javier; GIL Y ARIAS, Stella; RECIO B., Alvaro; SANTOS G, Germán; Criterios de Calidad agosto de 1999, Santafé de Bogotá.

<sup>v</sup> DURANBETANCOURT, Victoria Beatriz; BELTRAN VILLAMIZAR, Yolima; RECIO BURITICA, Alvaro; RODRIGUEZ PARRA, Guillermo. Fundamentación Teórica y Estructura del Sistemas, septiembre de 1997, Santafé de Bogotá, p 39-40.

<sup>vi</sup> Op.Cit. p 41



# LA ECUACIÓN DE LAPLACE EN LA PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA: CARACTERIZACIÓN DE ARENAS EN CARTAGENA

Ing. Raúl Guerrero Torres, Especialista en Ciencias Físicas. Universidad de Cartagena  
Matemático Rafael Galeano Andrade M.Sc. Ph.D. Universidad de Cartagena

## RESUMEN

Lograr identificar clases dentro de un tipo de suelo a partir de propiedades físicas fundamentales, como la resistividad, podría permitir calcular las propiedades mecánicas in situ sin alterar el estado natural del suelo. Este procedimiento podría significar una ventaja sobre la determinación de las propiedades mecánicas de muestras del suelo sacadas de su estado natural y ensayadas en el laboratorio. Al fin de cuentas todo se traduciría en una mayor confiabilidad en los análisis de los suelos y por ende en la predicción de comportamiento del suelo bajo los esfuerzos de trabajo.

Por medio de ensayos de laboratorio se determinaron las resistividades de once (11) muestras de arena. Manteniendo en algunos casos como única variable la porosidad, en otros la humedad o el grado de saturación del suelo, y en otros la salinidad manteniendo los demás parámetros constantes. Con lo anterior se pudieron establecer fórmulas empíricas entre la resistividad y la humedad, entre el factor de formación y el grado de saturación, entre el factor formación y la porosidad, y entre la resistividad y la salinidad. Estas fórmulas empíricas son, en últimas, las fundamentales para poder caracterizar las arenas en la zona insular de Cartagena de indias. Basándose en las mediciones de la resistividad realizadas in situ e interpretando las curvas de resistividades aparentes, **CRA**, por medio del Algoritmo de O. Koefeld, 1979, se caracterizaron las arenas de los sectores, por medio de sus resistividades verdaderas. **CRV**.

## INTRODUCCIÓN

**“La ingeniería civil es una rama de la física aplicada”.**

**“ La física y la ingeniería son hermanos gemelos”.**

**“Los programas de ingeniería deben demostrar que sus egresados tienen habilidad para aplicar sus conocimientos de matemáticas y ciencias.”** (Criterio nuevo de ABET, ciclo 1998-1999, para evaluar programas de ingeniería)



Son declaraciones que están a flor de piel en las más recientes discusiones entre expertos en enseñanza de la física en las escuelas de ingeniería.

Este trabajo confirma las declaraciones anteriores y con ello lo expresado en ponencias anteriores sobre la necesidad de elevar el nivel de los cursos de física en algunos programas de ingeniería, mostrando la aplicación de una ecuación, aparentemente de poco interés para los ingenieros civiles, en el campo de la ingeniería civil.

## OBJETIVO GENERAL

Deducir la expresión para la resistividad, en el arreglo de Wenner, a partir de una solución de la Ecuación de Laplace, mostrando una aplicación práctica de esta ecuación en un problema ingenieril. En este caso la caracterización de algunas arenas en la zona insular de Cartagena de indias a partir de la resistividad.

## GENERALIDADES

La solución de la ecuación de Laplace  $\nabla^2 V = 0$ , en donde  $V$  es el potencial eléctrico en un punto donde  $\square = 0$ , permite, en teoría, resolver problemas de potencial en general y por ende de diferencia de potencial entre dos puntos. Conocida la diferencia de potencial  $V$  entre dos puntos ( medida en el arreglo de Wenner, mostrado en la figura 1.) la corriente  $I$  entre esos dos puntos y la expresión deducida directa o indirectamente para la diferencia de potencial entre los dos puntos, podemos expresar la resistividad del terreno en términos de la resistencia  $R$  entre los dos puntos ( $R = V/I$ ) y las características geométricas del arreglo utilizado para medir la resistividad ( arreglo de Wenner )

Por tanto planteamos el problema siguiente:

Deducir directamente de una solución de la ecuación de Laplace, la expresión para calcular la resistividad en el arreglo de Wenner y mostrar su aplicación al caso de algunas arenas de la zona insular de Cartagena de Indias.

El método de Wenner es uno conductivo para determinar la resistividad en el terreno, con la ayuda de una expresión aproximada que se deduce de una solución de la ecuación de Laplace. Se perforan cuatro cavidades cilíndricas en el suelo, situadas a distancia  $a$  sobre una línea recta. El diámetro de estas no debe exceder a  $1/10$  de la distancia considerada y la distancia  $b$  debe ser la misma para todas, alcanzándose el punto cuya resistividad se desea conocer. En cada hueco es colocado un electrodo que tiene contacto solamente en el fondo. Por los terminales 1 y 4 se inyecta corriente en el suelo y la caída de tensión causada por esta corriente se detecta entre 2 y 3. Se establece la relación entre la tensión y la corriente medidas, obteniéndose el valor de la resistencia del suelo entre 2 y 3, " $R$ "



Se puede demostrar, a partir de una solución de la ecuación de Laplace en coordenadas cilíndricas, como también por aplicación del método de las imágenes, que siendo **a** la distancia entre los dos orificios, **b** su profundidad y **R** la resistencia medida entre los terminales internos 2 y 3, se obtiene, para,  $\rho$ , la expresión siguiente:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}}$$

Con base en las resistividades eléctricas de la arenas, calculadas de la expresión anterior, con información complementaria de la zona y resultados obtenidos de ensayos normalizados se establecieron correlaciones entre la resistividad y algunas propiedades ingenieriles de los suelos.

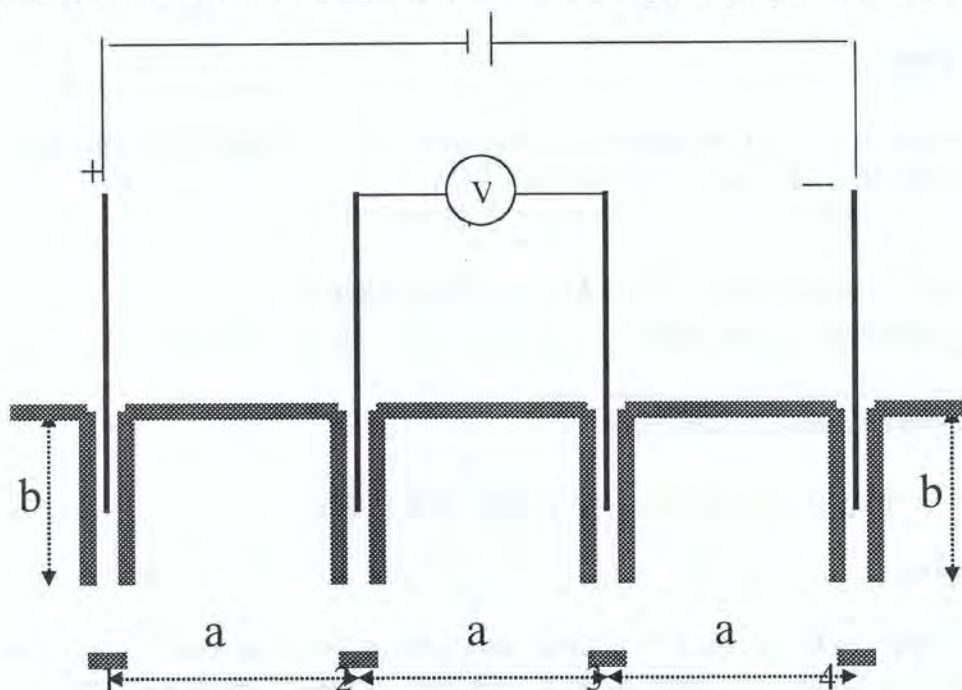


Figura 1

Las fórmulas empíricas entre la resistividad y la humedad, entre el factor de formación y el grado de saturación, entre el factor formación y la porosidad, y entre la resistividad y la salinidad son:

$$\rho_r = 1.97 \rho_w^{1.17}; \rho_r = 3918.2 (\text{sal})^{-1.17} \quad F = 1.79 \rho_f^{.145}; F = 0.6 n^{-2.1}; F = 1.64 S^{-1.01}$$



Donde :

**Sal** = Salinidad en partes por mil.

$\rho_f$  = Resistividad de la formación en Ohm- cm

**n** = Porosidad ( adimensional )

**S** = Grado de saturación en %

**F** = Factor de formación ( adimensional )

Los valores de las resistividades reales de la zona, se obtuvieron interpretando las curvas de resistividades aparentes, CRA, que arrojaron modelos del subsuelo de dos capas (Bocagrande, Castillogrande, Manga y Pie de la Popa) y de tres (3) capas (Laguito). Por último con los valores de la resistividad real se infirieron tanto las propiedades ingenieriles, como la estratigrafía de la zona en estudio.

## DESCRIPCIÓN DE LOS SEV

A modo de ejemplo se describe el SEV realizado en Bocagrande con su respectiva interpretación. También se anexa la curva de campo que fue interpretada.

Los parámetros utilizados en la descripción de los SEV son los siguientes :

$\rho_r$  = Resistividad en ohm-cm de cada unidad.

**e** = Espesor en metros de cada capa del suelo

**Z** = Profundidad en metros hasta la base de cada capa del sub-suelo.

**L** = litología probable.

Las litologías asignadas para cada SEV se apoyan tanto en los datos obtenidos en el campo como en las fórmulas empíricas obtenidas en el laboratorio y en las características del área de estudio.

### SEV 1. BOCAGRANDE.

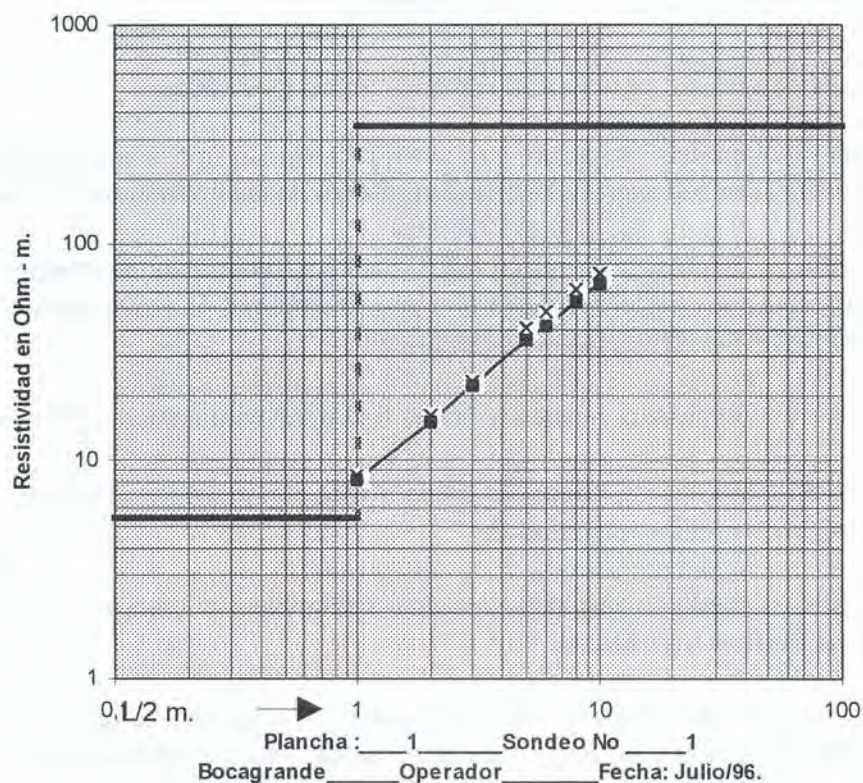
Las dos primeras capas de este SEV tienen buena definición y coincidencia entre modelos y datos de campo, presentando un error ( rms ) de 9,4 % ; no obstante, la dispersión observada en los datos podría ser producida por la presencia de material calcáreo, el cual produce variaciones en la supuesta homogeneidad.



# SEV 1 - Bocagrande

| Capa No | Resis ( $\rho$ ) | Espesor | Profun. Z | Parametros | L                                                                                           |
|---------|------------------|---------|-----------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | Ohm-m            | M       | m         |            |                                                                                             |
| 1       | 5,5              | 0,7     | 0,7       | F=4,47     | Arena media, mediana mente compactada.                                                      |
|         |                  |         |           | n=0,38     |                                                                                             |
|         |                  |         |           | S=37%      |                                                                                             |
|         |                  |         |           | e=0,63     |                                                                                             |
|         |                  |         |           | Cr=43%     |                                                                                             |
| 2       | 350              |         |           | F=8,15     | Grava arenosa, posible relleno a partir de los cinco metros de profundidad. Suelo compacto. |
|         |                  |         |           | n=0,29     |                                                                                             |
|         |                  |         |           | S=20%      |                                                                                             |
|         |                  |         |           | e=0,41     |                                                                                             |
|         |                  |         |           | Cr=73%     |                                                                                             |

## Caracterizacion de arenas en la zona insular de Cartagena





## CONCLUSIONES

- Se comprobó, en el laboratorio, que casi la totalidad de la corriente, introducida en la arena, fluye a través del electrolito de la fase intersticial.
- Las arenas ensayadas en el laboratorio se comportaron como conductores ohmicos.
- Es posible correlacionar la resistividad con cada una de las propiedades geotécnicas consideradas ; porosidad, grado de saturación y compacidad relativa manteniendo dos de ellas constantes. Sin embargo, es muy difícil encontrar una sola expresión que cuantifique la resistividad a partir de las citadas propiedades geotécnicas.
- El análisis de los resultados nos permitió caracterizar, las arenas de los sectores en estudio, en términos generales, a partir de los rangos de resistividades que se presentan a continuación :

| Resistividades        | Profundidad | Características                                |
|-----------------------|-------------|------------------------------------------------|
| $\rho$ ( $\Omega$ -m) | ( m )       |                                                |
| 1-6                   | 0 - 2       | Arena fina poco compacta                       |
| 30-60                 | 1 -10       | Arena media con presencia de material calcáreo |
| > 100                 | 1 - 10      | Grava arenosa.                                 |
|                       |             | Posible relleno Z > 5m.                        |

- La confrontación entre el modelo propuesto y el perfil determinado por los sondeos mecánicos permite concluir que las dos estratigrafías coinciden, dentro de las limitaciones del método.
- Comparando los valores medios de la resistividad, para los rangos anteriormente señalados, con los correspondientes a los márgenes de variación más comunes en resistividades de rocas ( Erazo 1991) encontramos las caracterizaciones siguientes:
- Resistividad entre 1 y 6 ohmios-m, puede ser arena fina poco compacta o a una arcilla.
- Resistividad entre 30 y 60 ohm-m, puede ser arena media con presencia de material calcáreo a arenas con contenido de arcilla o a areniscas.
- Mayor que 100 ohm-m puede corresponder a arena medianamente compactada, a arena con agua dulce, a calizas porosas o areniscas.

Esto obliga a usar la información complementaria de la zona, para escoger la opción más factible. En síntesis los estudios geoelectricos deben complementarse con los geotécnicos o con otros estudios geofísicos, como por ejemplo : La Sísmica



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRICEÑO L. A. Y R. DÍAZ, Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y Subsuelo – Seminario Internacional sobre Sistemas de Puesta a Tierra, 1994, Santa Fe de Bogotá.
2. BRICEÑO L. A., C. R. PÉREZ y M. P. GARCÍA, Prospección de Aguas Subterráneas mediante el Estudio del Subsuelo por el Método Geoelectrico - Nucleares. Revista Técnico Científica del Instituto de Asuntos Nucleares, 1987, Santa Fe de Bogotá, pp 54 – 61.
3. ERAZO M.A., Caracterización Eléctrica de la Forma Arenisca Tierna del Grupo Guadalupe, Tesis de Grado, 1990, Santa Fe de Bogotá, pp 55 – 60.
4. KOEFELD O., Resistivity Sounding Measurement, Geosounding Principles, 1, 1979.
5. ORELLANA E., Prospección Geoelectrica en Corriente Continua, 1972, Madrid.





# UNA VISIÓN CRÍTICA DE LA EDUCACIÓN VIRTUAL

J. Fernando Vega Riveros, Ph.D.  
Departamento de Electrónica  
Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Javeriana  
Santa Fe de Bogotá, DC

**Resumen** – La aplicación de tecnologías de telecomunicaciones e informática para la educación virtual debe mirarse integralmente dentro de un contexto de formación coherente con modelos de enseñanza – aprendizaje, más allá del sólo aumento de cubrimiento poblacional. La correlación que pueda existir entre el número de ingenieros y el nivel de desarrollo de un país no puede interpretarse desarticuladamente del entorno global empresarial, las condiciones de vida y la infraestructura de los países. Las tecnologías de apoyo a la educación virtual se analizan en este artículo como laboratorios de trabajo colaborativo en equipos geográficamente distribuidos, que proporcionan a los ingenieros experiencias académicas dentro de las nuevas opciones de desarrollo laboral, profesional y empresarial moderno.

## I. INTRODUCCIÓN

Grandes expectativas se vienen despertando alrededor de la aplicación de tecnologías tele - informáticas en la educación, particularmente en lo que tiene que ver con la mejora en su calidad y cubrimiento. Se predica que estas tecnologías harán posible alcanzar todos los rincones de la geografía nacional, logrando así un mayor cubrimiento y una mejor calidad en la educación en la medida en que se podrá disponer de los mejores profesores para una mayor población. Se ignora, sin embargo, que el proceso de enseñanza – aprendizaje como tal, depende del entorno, y de la calidad de sus insumos, es decir de los estudiantes, para lograr los resultados esperados: profesionales idóneos. Se ignora también que el profesor es tan sólo un facilitador del proceso de aprendizaje y que el éxito depende de la coherencia entre el perfil del profesional requerido, los objetivos de formación y el modelo educativo utilizado. Mirado sistémicamente, el problema educativo no es sólo de cubrimiento sino de cumplir con las expectativas de un mercado laboral en términos de demanda de profesionales, ingenieros en nuestro caso, y de las reales posibilidades de lograr esas metas con la calidad necesaria y dentro de unos parámetros establecidos.

La tecnología aplicada a la educación es un tema que está de moda por el acelerado crecimiento de la Internet, pero diferentes tecnologías han sido aplicadas en la educación por muchos años. La televisión y la radio educativas han sido utilizadas para este propósito casi desde su inicio y ellas potenciaban el acceso de una altísima población. Si el problema educativo hubiera sido de cubrimiento, cabe preguntarse: ¿realmente se tuvo acceso a los mejores profesores en la televisión y radio educativas?; ¿se obtuvo el cubrimiento de la población que tenía acceso a esos medios?; ¿por qué no se lograron los resultados que ahora sí se esperan obtener en términos de cubrimiento?; ¿por qué se



descontinuaron estos esfuerzos y prácticamente desaparecieron la televisión y radio educativas?. Los hechos parecieran indicar que el problema educativo no tiene que ver con cubrimiento y aplicación de tecnología solamente. Los laboratorios, tan necesarios y utilizados en educación en ingeniería, son el ejemplo más palpable de la aplicación de tecnología, y el computador, aplicado al aprendizaje de programación, modelización y simulación, ha estado presente en las carreras de ingeniería desde antes que incursionara en la mayoría de las otras disciplinas. Sin embargo la ingeniería colombiana no logra los niveles de desarrollo esperados.

El asunto debe mirarse entonces, no como un problema de los medios, sino como uno que contemple los componentes de enseñanza, aprendizaje y su entorno. Este artículo presenta, por lo tanto, una reflexión acerca del problema educativo, con énfasis en el caso de la Ingeniería y pretende plantear cuestionamientos al respecto. Otro de sus objetivos es promover el análisis y la discusión alrededor del tema, incluyendo por supuesto las oportunidades de aplicación de la tecnología tele – informática para la formación de los ingenieros que requiere el entorno profesional actual y futuro.

## **II. COBERTURA Y CALIDAD**

Una correlación entre el número de profesionales de la ingeniería y el nivel de desarrollo de los países, probablemente revelaría un valor positivo. Esto, a primera vista, llevaría a concluir que para mejorar los niveles de desarrollo hay que incrementar significativamente el número de ingenieros en el país. Este, desde luego, es uno de los insumos importantes del desarrollo. Sin embargo, esto aplicaría a todas las profesiones, pero el número de profesionales es sólo uno de los componentes del problema. Otro aspecto a contemplar está relacionado con la calidad de la educación impartida a estos profesionales, por lo que a continuación se discuten tres acciones necesarias orientadas a lograr estos fines.

### **A. Redes Educativas**

Una formación profesional de alta calidad dentro de los parámetros actuales de duración de los programas de ingeniería en el país, es decir de cinco años, requiere de una educación básica sólida tal que los estudiantes que accedan a las universidades tengan las aptitudes y competencias para afrontar exitosamente los requerimientos mínimos de las carreras de ingeniería. En general, se detecta con frecuencia una desarticulación entre el proceso realizado en las instituciones de educación básica y las de educación superior lo cual genera en los estudiantes un choque cultural además de una alta deserción y mortalidad estudiantil. Si las tasas de deserción y mortalidad se quieren reducir o al menos mantener, sin deterioro de la exigencia académica necesaria, debe llevarse a cabo una acción de coordinación con las instituciones de educación básica que conduzca a un proceso educativo coherente y unos acuerdos básicos entre las metas de unos y los requisitos de los otros.

Si la solución fuese únicamente incrementar la extensión de los programas de ingeniería, cabría preguntarse, ¿por qué en muchos de los países desarrollados se logran mejores niveles en el desarrollo de la profesión y su aplicación con programas de menos de 5 años?. Tampoco debe tratarse de cubrir las deficiencias que pudiese haber en la formación básica escolar en la universidad porque la formación profesional tiene



objetivos y características diferentes a aquellos de la educación básica. Además, el problema no debe tratarse en forma aislada y desarticulada por cada institución ni se trata de lanzar mutuas críticas a las deficiencias de uno y otro. Esto, por lo tanto refuerza la propuesta de la creación de redes educativas interinstitucionales orientadas a la elaboración de planes de acción acordados conjuntamente y que estén orientados a lograr procesos de formación coherentes e integrales[1]. De aquí es evidente que las tecnologías de telecomunicaciones e informática proporcionan un medio para apoyar estas redes.

## **B. Ambientes de Colaboración**

Si bien debe darse una colaboración inter - institucional, como se planteó anteriormente, debe fomentarse en los estudiantes este mismo proceso. Los estudiantes no deben verse como individuos aislados de su contexto sino que deben participar activamente en su formación y la de otros en otros niveles y, además, de otras instituciones. Esto ayudaría a desarrollar sus habilidades comunicativas y enriquecería los programas de orientación profesional. En este último sentido, se estaría presentando a los futuros universitarios una visión integral de la profesión, de sus aspectos temáticos y de aplicación, compartiendo la vivencia y experiencia de su aprendizaje, así como de las habilidades y competencias necesarias para el éxito.

Estos mismos procesos estarían fomentando canales de comunicación inter - generacionales y colaborando en forma activa en el desarrollo de actividades y herramientas para la iniciación y motivación, especialmente de los estudiantes de educación básica, hacia su opción profesional en ingeniería. Bajo el punto de vista del construccionismo [2], el desarrollo de muchas de las herramientas tecnológicas que apoyan el aprendizaje en los diferentes niveles podría ser parte de las actividades de los estudiantes de educación superior en cooperación con los profesores tanto de las universidades como de los colegios.

A nivel de colaboración inter - universitaria, sin negar la autonomía y las ventajas de la diversidad de programas de ingeniería, estos ambientes deberán llevar a mejorar la oferta de asignaturas y cursos en los campos donde cada institución sea más fuerte y con los mas altos niveles de exigencia y calidad. Los ambientes de colaboración también ayudarán al desarrollo de proyectos interinstitucionales como se explica a continuación.

## **C. Proyectos Inter - institucionales**

El proceso de globalización y las nuevas prácticas laborales, particularmente el tele - trabajo (*tele-commuting*), llevan a que los profesionales deban prepararse para trabajar en equipos geográficamente distribuidos. Las empresas y en algunos casos los países tienden también a especializarse en tipos de productos o servicios, lo cual lleva a que los grandes proyectos se realicen en forma inter - empresarial e internacional [3]. Por esta razón, es importante brindar a los estudiantes oportunidades de trabajo inter - institucional e internacional que les proporcionen la práctica necesaria para familiarizarse en esta modalidad de trabajo.

En proyectos colaborativos inter - institucionales, los estudiantes y profesores se enfrentarán a situaciones que les proveerán experiencias que incluyan los aspectos técnicos y operativos, tales como la definición cuidadosa de metodologías,



estandarización y homologación de documentación y modos de trabajo, definición de calendarios y cronogramas conjuntos; deberán enfrentar barreras que van desde las microculturas institucionales hasta las barreras lingüísticas y culturales regionales o nacionales y hasta la logística y coordinación de comunicaciones, cuando hay diferencias horarias[4]. Pero adicionalmente, la colaboración inter - institucional puede involucrar empresas o entidades públicas o privadas, lo cual, además de potenciar la colaboración entre sector educativo e industrial, le presenta de primera mano el contexto en que habrá de desenvolverse en su práctica profesional.

Es de resaltar, sin embargo, que las instituciones deben alcanzar los más altos niveles de exigencia y calidad educativa ya que el éxito de los proyectos en colaboración será eficaz en la medida en que los participantes adquieran el nivel requerido por su disciplina dentro de un entorno mundial. Surge, por lo tanto, la necesidad de que las instituciones educativas formen a sus profesionales en las disciplinas, no con un enfoque local y temporal, sino con una mirada hacia un contexto globalizado que no se puede ignorar. Traspasando las fronteras de los procesos educativos, la vigencia y sostenibilidad de los egresados dependerá también de que las instituciones educativas tomen medidas para lograr este objetivo en el entorno laboral que la tecnología empieza a propiciar, como se explica en la siguiente sección.

### **III. PROFESIONALES SUSTENTABLES**

Un profesional es sustentable en la medida en que es capaz de mantener su vigencia laboral y lograr un permanente ascenso en su carrera. Al respecto se sostiene que la educación debe enfocarse hacia el aprendizaje de por vida (*lifelong learning*). En el caso de las carreras de ingeniería, esto implica una sólida formación en los fundamentos de la profesión, es decir en ciencias básicas y el desarrollo de competencias necesarias para la práctica disciplinar. En el caso del diseño como labor de ingeniería, se propone como servicio con un alto valor agregado [3], donde se encuentran importantes oportunidades de desarrollo. El uso de herramientas específicas de diseño debe verse como un medio y no como un fin: su evolución y transformación es acelerada y su obsolescencia es de corto plazo. Es más importante la formación en los conceptos que soportan estas herramientas y en los de diseño asistido por computador que en las herramientas mismas.

Es en este punto donde debe verse el proceso enseñanza – aprendizaje y la tecnología de apoyo con la máxima atención para propiciar todas las etapas y dinámicas que lo integran para que su producto sea una actitud abierta al aprendizaje permanente y conduzca al desarrollo de las habilidades requeridas de los profesionales. Un análisis de este proceso dentro de un contexto apoyado en una tecnología computacional de punta se presenta en [5].

#### **A. Formación de Empresarios**

En el contexto colombiano en particular, es fundamental la formación del espíritu emprendedor de los profesionales y en el caso de los ingenieros con mayor razón. Como se mencionó anteriormente el diseño de productos, más que su manufactura, se vislumbra como uno de los servicios con alto valor agregado [3]. De allí que un componente fundamental del éxito profesional del ingeniero, con repercusión en el desarrollo nacional, es la generación de empresas de esta naturaleza.



mercado laboral sin migración. Aquí se integran los conceptos y estrategias de formación expuestos anteriormente, es decir, la conformación de redes educativas, la aplicación de ambientes de colaboración y el desarrollo de proyectos inter – institucionales e internacionales. La aplicación de la tecnología tele – informática y la educación virtual es un medio para lograr estos objetivos.

#### IV. CONCLUSIÓN

Vista como un servicio de alto valor agregado, la ingeniería es motor y generador de oportunidades de desarrollo. La fortaleza de la ingeniería en este contexto está en su naturaleza técnica y por ello debe valorarse sobre la base del liderazgo de sus ingenieros y su ascenso en la carrera profesional. El éxito de un programa de ingeniería debe considerar, más que el número de sus egresados que ocupan cargos administrativos, el número de empresas industriales o de servicios de alto valor agregado generadas por estos. El éxito de la educación en ingeniería en un país debe valorarse sobre la base de la inversión de capitales que atrae su recurso humano.

Las tecnologías de telecomunicaciones e informática en apoyo a procesos de educación virtual deben verse, por lo tanto, no sólo como herramientas de difusión de y acceso a información sino como medios de comunicación que enriquecen el entorno educativo hacia la práctica profesional. Específicamente, los entornos de educación virtual son un excelente laboratorio de tele – trabajo, de colaboración e integración nacional e internacional. Podrán también servir como laboratorio de “e-business”, esto último entendido como una importante alternativa de generar nuevas empresas con oportunidades de intercambio global de servicios y productos, y como medio de información para la búsqueda de nichos empresariales y mercados para los países en vías de desarrollo.

#### V. REFERENCIAS

- [1] Charles, C.A. *Building the Global Information Economy; a Roadmap from the Global Information Infrastructure Commission*. GIIC Report. Furar, L. E. Editor, Washington, USA, Sept. 1998.
- [2] Cruz, J.M. y R. Cárdenas. Importancia del profesor en los diferentes esquemas de enseñanza. *Informe de Investigación Proyecto Mimesis*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Mayo 1999.
- [3] McRae, H. *The World in 2020; Power, Culture and Prosperity*. Harvard Business School Press, Boston, USA. 1994.
- [4] Homkes, R and Vega-Riveros, J.F. “Mirroring industry through international student projects”. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Asia-Pacific Forum on Engineering and Technology Education*. Sydney, Australia, Julio 4-7, 1999, pp 33-36.
- [5] Vega Riveros, J.F. On the architecture of Intelligent Tutoring Systems and its application to a Neural Networks course. En *Innovative Teaching Tools for Neural Networks, Fuzzy Systems and Genetic Algorithms*. CRC Press, Editor L. C. Jain, a publicarse en 1999.