

Documento ACOFI 15

FORMACION EN  
CIENCIAS BASICAS

I FORO PREPARATORIO DE LA  
IX REUNION NACIONAL  
DE FACULTADES DE INGENIERIA

CALI, 17 DE MARZO DE 1989

MEMORIAS



ASOCIACION COLOMBIANA  
DE FACULTADES  
DE INGENIERIA

## DOCUMENTO ACOFI 15

### "FORMACION EN CIENCIAS BASICAS"

I Foro Preparatorio de la IX Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería

Cali, 17 de Marzo de 1989

## MEMORIAS

### Entidades Organizadoras:

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI

Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle.

## **PRESENTACION**

---

**La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, y la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, se complacen en presentar las MEMORIAS del I FORO PREPARATORIO de la IX Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, realizado en el auditorio del CRE, de la Universidad del Valle, el viernes 17 de marzo de 1989, en el que se trató el tema: "FORMACION EN CIENCIAS BASICAS".**

**El presente documento contiene los textos correspondientes a las conferencias magistrales suministradas por los autores o según versión obtenida a partir de la transcripción.**

**La Asociación agradece a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, al haber aceptado ser la sede del evento. Igualmente por su colaboración para la edición de estas memorias.**

**Confiamos en que este documento contribuya al desarrollo y fortalecimiento de los programas de Ingeniería del país.**

## CONTENIDO

---

1. **Introducción**
2. **Programa de Foro**
3. **Intervención del Rector de la Universidad del Valle, Dr. Harold Rizo Otero (b)**
4. **Intervención del Vice-Rector Académico de la Universidad del Valle, Dr. Alvaro Campo Cabal (b)**
5. **Intervención del Presidente de ACOFI, Ing. Ernesto Guhl Nannetti, Vice-Rector de la Universidad de Los Andes (a)**
6. **Intervención del Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, Ing. Alejandro Salazar Jaramillo. (b)**
7. **Intervención del Decano Académico de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana (Btá), Ing. Carlos Julio Cuartas Chacón, "ACERCA DE LO BASICO" (a)**
8. **Intervención de la Vicedecana Curricular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, Ing. Aida de Stovenel, "LA FORMACION EN CIENCIAS BASICAS Y EL INGENIERO DEL FUTURO" (a)**
9. **Intervención del Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, Ing. Hernando Duran, "AREA DE LAS CIENCIAS BASICAS EN LOS CURRICULOS DE INGENIERIA" (a)**

- 10 Intervención del Jefe del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Pontificia Bolivariana, Dr. Bernardo Lopera "LAS CIENCIAS BASICAS EN LAS INGENIERIAS" (a)
- 11 Intervención de la Decana de la Facultad de Ciencia de la Universidad de Los Andes, Dra. Margarita de Meza "FORMACION BASICA O FORMACION INTEGRAL?" (a)
- 12 Intervención del Director del Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana (Btá). Ing. Marco Tulio Arellano. "ACUMULACION SUCESIVA VS INTEGRACION PROGRESIVA" (a)
- 13 Intervención del Dr. Omar Diaz S, Profesor de Física en el Programa de Ingeniería Mecánica de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente. " EL PAPEL DE LA HISTORIA EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA". (a)
- 14 Intervención del Ing. Alvaro Orozco L, Director del Programa de Ingeniería Mecánica de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente y Profesor Titular de la Universidad del Valle. " CIENCIA, TECNICA Y SOCIEDAD EN LA FORMACION DE UN INGENIERO" (a)
- 15 Intervención del Ing. Delmar Gutierrez R, Profesor del Departamento de Mecánica de Sólidos y Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle "UN ANALISIS CONCEPTUAL DE LA FORMACION DEL INGENIERO EN CIENCIAS BASICAS" (a)
- 16 Intervención del Ing. Jairo Panesso T, Profesor del Departamento de Electricidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle. "UNA METODOLOGIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA COMO CIENCIA" (a)
- 17 Lista de Asistentes

---

(a) Versión escrita suministrada por el autor

(b) Transcripción obtenida a partir de la grabación

## 1- INTRODUCCION

El desarrollo alcanzado en las ciencias y la tecnología en Colombia; su incidencia en la formación de los ingenieros y en el ejercicio de la profesión, hacen necesario el análisis detenido sobre la situación actual y las perspectivas de la CIENCIA y la TECNOLOGIA en las FACULTADES DE INGENIERIA.

El período comprendido entre julio de 1988 y junio de 1989, declarado AÑO NACIONAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA EN COLOMBIA sirve de marco propicio para la realización de esta labor. Hay que recordar que "mientras en los países industrializados se lleva a cabo la revolución científica y tecnológica, en Colombia es todavía incipiente el proceso de estructuración de una comunidad científica coherente y dinámica, impulsora de la ciencia en nuestro medio, capaz de desarrollar en su interior sistemas de validación, reconocimiento y difusión de trabajo de sus miembros. Esto trae como consecuencia que la brecha que nos separa de los países creadores de ciencia y tecnología se amplíe cada vez más". \*

En consecuencia, y como lo planteara el Presidente de ACOFI, se debe "fomentar un espíritu de investigación y de creatividad para plantear respuestas a las preguntas y difundir la idea de la importancia de la tecnología como medio para solucionar los problemas y las necesidades de una manera diferente a la dolorosa, desgarrada y violenta forma que ha tomado en nuestra sociedad hoy día". \*\*

Por lo anterior, el tema general escogido por la Asociación para ser tratado durante el año y de manera especial en la IX REUNION NACIONAL DE FACULTADES DE INGENIERIA es: "CIENCIA Y TECNOLOGIA EN LAS FACULTADES DE INGENIERIA".

El estudio del tema de la Reunión decidió hacerse mediante la realización de tres Foros Preparatorios en los cuales se hace la exposición y debate de los trabajos, así sean preliminares, en tal forma que el análisis facilite su enriquecimiento.

No se pretende por lo tanto producir documentos finales, ni conclusiones; se trata de que la discusión en la Reunión Nacional este sustentada por el estudio realizado durante el año.

Los temas escogidos para los Foros Preparatorios son:

1. FORMACION EN CIENCIAS BASICAS - I FORO
2. LAS FACULTADES DE INGENIERIA Y EL MEDIO EXTERNO - II FORO
3. "LA PRACTICA EN LA FORMACION UNIVERSITARIA" III FORO

---

\* Luis E. Mora Osejo. Presidente Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Revista: "Colombia, Ciencia y Tecnología", Vol 6 No. 3, Julio-Septiembre 1988. Artículo: "A propósito del Año de la Ciencia y la Tecnología", Pag 7.

\*\* Ernesto Guhl Nannetti. Presidente de ACOFI y Vice-Rector UniAndes. Revista: "Anales de Ingeniería", Vol. XCVI, No. 837. Artículo: "Tecnología en Colombia, Dependencia o Desarrollo Propio", Pág. 31.

## PROGRAMA DEL FORO

---

9:30 a 10:45 am Sesión de Instalación.

- Himno Nacional
- Palabras del Dr. Harold Rizo Otero, Rector de la Universidad del Valle
- Palabras de Bienvenida del Dr. Alvaro Campo Cabal Vice-Rector Académico de la Universidad del Valle.
- Palabras del Ing. Ernesto Guhl Nannetti, Presidente de ACOFI y Vice-Rector de la Universidad de Los Andes.
- Palabras del Ing. Alejandro Salazar Jaramillo, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle.
- Himno de la Universidad del Valle

10:45 a 11:00 am RECESO

11:00 a 11:40 am I SESION DE TRABAJO

### "ACERCA DE LO BASICO"

Ing. Carlos Julio Cuartas Chacón - Decano Académico de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana.

### "LA FORMACION EN CIENCIAS BASICAS Y EL INGENIERO DEL FUTURO".

Ing. Aida de Stovenel - Vicedecana Curricular, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle.

11:40 a 11:45 am RECESO

11:45 a.m a 12:30 pm II SESION DE TRABAJO

"AREA DE LAS CIENCIAS BASICAS EN LOS CURRICULOS DE INGENIERIA"

Ing. Hernando Duran - Decano Facultad de Ingeniería Universidad de Los Andes.

"LAS CIENCIAS BASICAS EN LAS INGENIERIAS"

Dr. Bernardo Lopera - Jefe Dpto de Ciencias Básicas Universidad Pontificia Bolivariana.

"FORMACION BASICA O FORMACION INTEGRAL?"

Dra. Margarita de Meza -Decana Facultad de Ciencia Universidad de Los Andes

12:30 a 3:00 pm Almuerzo de Trabajo

3:00 a 3:35 p.m III SESION DE TRABAJO

"ACUMULACION SUCESIVA VS. INTEGRACION PROGRESIVA"

Ing. Marco Tulio Arellano - Director Dpto. Ing. Civi Facultad de Ingeniería Pontificia Univ. Javeriana

"EL PAPEL DE LA HISTORIA EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA"

Dr. Omar Diaz, Profesor de Física del Programa de Ingeniería Mecánica de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.

3:35 a 3:40 p.m RECESO

3:40 a 4:50 p.m. IV SESION DE TRABAJO

"CIENCIA, TECNICA Y SOCIEDAD EN LA FORMACION DE UN INGENIERO"

Ing. Alvaro Orozco López, Director del Programa de Ingeniería Mecánica de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente y Profesor Titular de la Universidad del Valle

RICULOS

geniería

Básicas

encia

Ing. Civil

eriana

LA DE LA

rama de

ersitaria

ACION DE

rama de

ersitaria

er de la

3 **INTERVENCION DEL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE,  
DR. HAROLD RIZO OTERO.**

Palabras de bienvenida

La Universidad del Valle es una Institución de Educación Superior de carácter público, de orden departamental, que este año cumple 44 años de funcionamiento, y que se ha esforzado a través de su historia por la superación académica. Nuestra Facultad de Ingeniería es al mismo tiempo una de las más antiguas creadas desde el inicio de la Universidad, con el plan de Estudios de Ingeniería Química, y una de las más nuevas en cuanto a su organización por grandes áreas del conocimiento.

La actual Facultad de Ingeniería ha crecido en tamaño y sabiduría de lo cual nos sentimos orgullosos, al igual que el resto de las Facultades. La Facultad se mantiene en una constante revisión porque queremos que se gesten continuos cambios acorde con las circunstancias del tiempo y de los desarrollos científicos y tecnológicos que se están dando en el mundo.

Desde hace cuatro años hemos venido trabajando en el diseño de un plan de desarrollo para la Universidad, que se sepa único en su género de la Universidad pública en Colombia. Su diseño se enmarca en una planeación altamente participativa que ha surgido de la base hacia arriba y que nos señala unas grandes líneas que se intentarán poner en vigencia en el transcurso de los próximos años. Ya hemos hecho una reestructuración de tipo académico-administrativo y acabamos de realizar una reunión donde se discutió el trabajo que en los dos últimos años se ha llevado a cabo en materia de flexibilidad curricular.

El Ministerio de Educación Nacional se ha basado en los estudios que se han adelantado sobre flexibilidad curricular a nivel de la educación secundaria, pero a nivel de la educación superior sigue siendo un enunciado sin ninguna concreción, es decir, todavía no existe un propósito firme de acometer esta tarea. En la reunión realizada tuvimos la oportunidad de escuchar las refle-

xiones que sobre esa materia han hecho las Vicerrectorías Académica y de Investigaciones y los representantes de las distintas facultades. El trabajo en el tema apenas comienza. Partimos en la discusión del cómo hacer más flexibles y más productiva el proceso de formación en la Universidad.

Seguramente vamos a aprovechar de este foro de ACOFI para enriquecer nuestro conocimiento de lo que en otras Universidades se está haciendo y lo que se podría hacer en la educación Superior en Colombia. Nuestro país necesita, urgentemente, hacer grandes cambios en el enfoque de su proceso formativo a nivel superior.

Tenemos que cerrar rápidamente las brechas que existen en relación con otros modos que se utilizan en países que están más avanzados en ciertas áreas y producir nuestras propias soluciones.

Esta es una reunión preliminar a un esfuerzo posterior, donde participan lo más representativo de las áreas del conocimiento de las Ingenierías. Nosotros unimos a este esfuerzo con todo el entusiasmo y con toda la humildad para compartir el conocimiento que podamos brindar buscando que nuestra contribución sea productiva. En ese sentido quiero ofrecerles la hospitalidad de la Universidad del Valle, de sus cuatro Vicerrectores, de sus ocho Decanos de Facultad de sus Vicedecanos, de todos los Jefes de Departamento, de sus estudiantes y su Rector. Quiero que se sientan muy a gusto en la ciudad de Cali y que tengamos la oportunidad de reencontrarnos próximamente en los siguientes eventos.

#### 4 INTERVENCION DEL VICE-RECTOR ACADEMICO DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE, DR. ALVARO CAMPO CABAL.

Quiero compartir con ustedes algunas reflexiones muy puntuales: La primera es la importancia de la temática escogida por ACOFI en el contexto de la formación básica en las Ingenierías. Ello ocurre en el año declarado por el gobierno nacional como el año de "La Ciencia y la tecnología" dentro de un propósito que ha venido siendo explicitado de manera muy enfática de promover los recursos económicos necesarios para impulsar este proceso.

Todos sabemos como la participación del producto Bruto Nacional, representado en aproximadamente 0.23% del presupuesto nacional, tiene la tendencia a incrementarse al 1% en lo que resta la vigencia del actual gobierno. Para ello el Ministro de Educación presentó recientemente ante el Consejo Nacional de Rectores, reunido en pleno, una serie de reflexiones de como realizar este gran propósito gubernamental. En este sentido se refirió al desarrollo de un sistema en Ciencia y Tecnología.

Señalaba el Ministro como corresponde a las Universidades un papel importante en la generación de conocimiento y en el motor formativo que le corresponde, integrándose al sector productivo, de cara a las necesidades de la comunidad y en estrecha relación también con una serie de institutos de investigación de distintas Entidades Estatales y Privadas. Parte de la estrategia de cara a la Universidad es el énfasis en los posgrados y en particular la meta nacional de desarrollar nuestros primeros doctorados.

En segundo término quiero referirme a la profunda relación cada vez más explícita siempre presente entre las tecnologías de frontera y las ciencias básicas. Cuando se ve el espectro de las nuevas tecnologías (la Biotecnología, la Microelectrónica, los nuevos materiales cerámicos, la Metalurgia, los plásticos, la Informática etc.) es claro como esas fronteras que a veces construimos entre las Facultades, cada vez más pierden sentido. De allí el acierto en la escogencia del tema y de la reflexión sobre lo que debe ser la formación básica del Ingeniero presente y futuro, que cada día se verá confrontado en un contexto en el cual las ciencias naturales y exactas están jugando un papel importante

La Universidad ha venido discutiendo sobre este tema. Tenemos claro que la

categoría que debemos manejar es la de Formación Integral de nuestros Egr. En ese contexto la formación en las ciencias básicas es parte de esa formación pero también el tener una conciencia clara de su entorno social y político van a ser su referente permanente en las actividades profesionales.

En el pasado se comenzó a desarrollar los cursos específicos de formación Ciencias básicas: Matemáticas para el Ingeniero Civil, Física para el Ingeniero Mecánico etc. Quizás en ese momento no se tuvo en cuenta el referente de formación integral, porque el aprendizaje en Ciencias básicas no solamente se da en el contexto de las Ingenierías bajo un referente profesional específico sino con una óptica más global.

En el análisis y discusión del tema de la flexibilidad curricular ha llamado la atención como se cuenta con una capacidad desarrollada en cada uno de los departamentos que conforman las Facultades de la Universidad y las inmensas posibilidades de formación que se podrían brindar a nuestros estudiantes si nos liberáramos del manejo de unos currículos ligados a unas profesiones muy determinadas. En una óptica diferente se podrían ofrecer alternativas de selección para nuestros estudiantes de acuerdo con sus intereses particulares en áreas especializadas de la propia Ingeniería, o desarrollar currículos que se apoyen en los desarrollos ya existentes en las áreas de Salud e Ingeniería para ofrecer planes de estudio en Ingeniería Médica, Biomédica, Bioingeniería etc.

La Universidad ha venido trabajando en la implementación de otras metodologías educativas, como es el caso de la modalidad desescolarizada, todos los programas de formación son una continua actividad en busca de nuevas metodologías que garanticen resultados exitosos acordes con las necesidades del medio. Es necesario liberar un tanto la carga rutinaria de la docencia para que el profesor ejerza un trabajo más dinámico que le permitan analizar las dificultades de los temas y le dedique tiempo a la aplicación de los desarrollos investigativos tecnológicos.

Es importante que intercambiamos experiencias en el manejo de la cooperación internacional, en la necesidad de potenciar los efectos multiplicadores de algunos programas, como el de refuerzo de la capacidad investigativa, que se ha venido implementando en el país. Para el contexto nacional sería muy enriquecedor

Señores y señoras:

que dicha actividad se llevara a cabo entre las Universidades del país.  
Los temas planteados por ACOFI cobran actualidad en nuestro medio . La Uni-  
versidad del Valle y la Facultad de Ingeniería, no pueden menos que honrarse  
con la presencia de los participantes a este Foro y desearles que estas horas  
de discusión, con las cuales enriquecerán sus conocimientos, produzcan los  
mejores frutos para las Universidades que ustedes representan y para el país  
en general.



Nada más grato para todos nosotros que la realización de labores se  
lleve a cabo aquí en la Universidad del Valle, a la cual agradezco  
muy sinceramente en el nombre de la ACOFI y en el mio propio su  
generosa hospitalidad para la realización de este evento.

El Consejo Directivo de la Asociación interpretando el sentir de los  
socios escogió como tema central para nuestro trabajo del año el de  
"CIENCIA Y TECNOLOGIA EN LAS FACULTADES DE INGENIERIA", el  
cual tema es evidente reviste una especial importancia y coincide  
con el esfuerzo que se está haciendo en el país desde diferentes  
ámbitos por hacer que las variables científico- tecnológicas se  
incorporen a la vida nacional y al proceso de desarrollo en forma  
más explícita y activa, y que la formación en ciencia y tecnología  
adquiera la importancia que debe tener, como corresponde al actual  
momento, que nos acerca ya prácticamente a los umbrales del siglo  
21.

A pesar de lo difícil y de lo equivocado que puede ser el tratar de  
prever el futuro, especialmente en las inciertas y duras  
condiciones por las que atraviesa el país en la actualidad, lo que sí  
podemos afirmar sin temor a equivocarnos es que el conocimiento  
científico, el dominio de la tecnología y la capacidad de crear

Señoras y señores:

Iniciamos hoy formalmente con la realización de este foro las actividades de la Asociación en el año de 1989, en lo que respecta a su campo de acción mas importante, que esta constituido por el trabajo conjunto, el intercambio de ideas y de experiencias y el diálogo entre las diferentes facultades de ingeniería del país, en busca del enriquecimiento de nuestra actividad como formadores de los ingenieros del futuro y en busca de un mejor conocimiento de lo que somos, de lo que estamos haciendo y de lo que podemos hacer para que los nuevos profesionales ejerzan su actividad cada vez con mas capacidad técnica y con mas sentido humano para lograr una Colombia mejor y mas justa para todos.

Nada mas grato para todos nosotros que esta iniciación de labores se lleve a cabo aquí en la Universidad del Valle, a la cual agradezco muy sinceramente en el nombre de la ACOFI y en el mio propio su generosa hospitalidad para la realización de este evento.

El Consejo directivo de la Asociación interpretando el sentir de los socios escogió como tema central para nuestro trabajo del año el de "CIENCIA Y TECNOLOGIA EN LAS FACULTADES DE INGENIERIA", el cual como es evidente reviste una especial importancia y coincide con el esfuerzo que se esta haciendo en el país desde diferentes ángulos por hacer que las variables científico- tecnológicas se incorporen a la vida nacional y al proceso de desarrollo en forma mas explicita y activa, y que la formación en ciencia y tecnología adquiera la importancia que debe tener, como corresponde al actual momento, que nos acerca ya prácticamente a los umbrales del siglo 21.

A pesar de lo difícil y de lo equivocado que puede ser el tratar de avisorar el futuro, especialmente en las inciertas y duras circunstancias por las que atraviesa el país en la actualidad, lo que si puede afirmarse sin temor a equivocarse es que el conocimiento científico, el dominio de la tecnología y la capacidad de crear

conocimiento propio se han convertido en elementos esenciales para lograr una posición razonable dentro del conjunto de países que pretenden lograr un grado de independencia y de autonomía que les haga posible escoger y conformar su propio destino, saliendo de la triste condición de dependencia cultural y tecnológica de los países avanzados. Colombia debe entender esta realidad y a nosotros corresponde un importante papel en este propósito. Así pues ACOFI se une a este esfuerzo en el AÑO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA y busca abrir sus espacios de reflexión y de trabajo para que los decanos y los profesores de las facultades de ingeniería del país se ocupen en conjunto del análisis de tan trascendente tema.

Como es ya tradicional el método de trabajo que hemos escogido es el de realizar una serie de foros preparatorios que traten diversos aspectos del tema general de trabajo del año y que los resultados de estos foros se lleven a la reunión anual de facultades de Ingeniería que se efectúa en el mes de septiembre. El tema de este primer foro preparatorio es de una importancia fundamental para el trabajo que nos proponemos, pues nos ocuparemos en el día de hoy del análisis de la FORMACION EN CIENCIAS BASICAS EN LOS CURRICULOS DE INGENIERIA. Al efectuar la convocatoria a este foro hemos invitado a las diferentes universidades a presentar sus puntos de vista, experiencias y propuestas sobre este tema y hemos solicitado a los expositores que se inscribieron, que presenten en lo posible conclusiones y recomendaciones a fin de facilitar el proceso de discusión y de análisis para tratar de adoptar un método de trabajo que permita un proceso acumulativo que debe culminar con los resultados que obtengamos en la reunión anual de Facultades de Ingeniería el próximo septiembre.

Quisiera a continuación formular ante ustedes algunas preguntas para exponer brevemente algunas ideas con relación al tema del foro con el propósito de contribuir a enmarcar la discusión y el trabajo del día de hoy. Cuando se habla de formación en ciencias básicas en ingeniería inmediatamente acuden a mi mente dos interrogantes

principales. El primero es el de que se entiende por ciencias básicas y el segundo que es lo que se busca con la formación de los estudiantes de ingeniería en estas disciplinas. Trataré a continuación de presentar a ustedes algunos comentarios y apreciaciones sobre ambos.

Tradicionalmente lo que se entiende por formación en ciencias básicas esta integrado por un conjunto de cursos en matemáticas, física y química que se ubican en los primeros semestres de la carrera y que constituyen los prerrequisitos o correquisitos de los cursos que pudieramos denominar profesionales. A mi modo de ver estos cursos tienen propósitos tanto formativos como instrumentales, ya que su objetivo va en la dirección de formar una manera de entender la realidad del mundo físico y los principios científicos que rigen la actividad profesional de la ingeniería y simultáneamente dotar al estudiante de unas herramientas y técnicas de análisis y trabajo que le permitan desempeñarse como ingeniero. Desde luego lo dicho hasta aquí implica una definición general de la ingeniería que la presentaría como la profesión que permite aplicar los conocimientos científicos para lograr el aprovechamiento y la transformación de los recursos naturales y de la información para satisfacer las necesidades individuales y colectivas. Es claro que no se está incluyendo en ella todo lo relacionado con la posición del ingeniero con respecto a los efectos sociales y ambientales de su actividad. Sobre este tema y sobre la formación humana y social del estudiante de ingeniería tuvimos ocasión de trabajar dedicada y creativamente el año pasado. Por lo tanto, hecha la anterior advertencia, asumo la definición dada para la ingeniería.

Tanto en el pasado como hoy en día las matemáticas, la física y la química son indispensables y esenciales para el ingeniero ya que lo proveen de una visión del mundo y de unas bases científicas y metodológicas para la comprensión de los fenómenos que encontrará y de las técnicas que deberá practicar en desarrollo de su actividad profesional.

Es evidente que el desarrollo curricular de estas disciplinas se apoyó en un paradigma que como tal es compartido por un número considerable de científicos y de ingenieros para los cuales ha sido exitoso. Pero significa esto que el modelo del mundo físico, de ciencia y de la técnica que venimos transmitiendo a nuestros estudiantes deba permanecer inalterado? Sin duda tendremos que admitir que la enseñanza en ciencias básicas en las facultades de ingeniería debe ser dinámica e incorporar los avances e innovaciones que se van dando con el paso del tiempo. Para ello es necesario que los profesores estén actualizados en sus conocimientos y estén informados sobre los nuevos libros y materiales de enseñanza que deben emplear si quieren que la enseñanza de las ciencias marche a un acelerado paso que estas llevan en el momento presente. Estaremos haciendo en este sentido el esfuerzo suficiente? Contamos con los medios de información para estar al día? Dedicamos como profesores parte de nuestro tiempo a mejorar y actualizar nuestras clases o simplemente las mantenemos en un estado estático y por lo tanto desactualizado? Generamos en nuestros estudiantes la curiosidad y el espíritu investigativo?

De otro lado también es evidente que la formación en ciencias básicas debe no solamente incorporar los avances que se dan en ellas a nivel mundial, sino también ampliarse para cubrir otros campos del conocimiento. Por ejemplo, cuando nuevos campos como el de la biotecnología se desarrollan rapidísimamente y abren nuevas perspectivas formidables de progreso, no deberán los estudiantes de ingeniería recibir una formación básica en biología? O cuando problemas que provienen del deterioro del medio ambiente por el mal uso de la técnica, amenazan la misma capacidad de supervivencia en el planeta, no sería deseable que nuestros estudiantes recibieran algún grado de formación en el campo de ciencias naturales y en particular acerca de la relación entre el hombre y el medio natural?

Sin duda puede afirmarse que existe en nuestras facultades cierta preocupación en el sentido que he expresado. Cambiamos

alguna frecuencia los libros de texto y se incorporan nuevos conocimientos en la formación de nuestros estudiantes. Por ejemplo pienso que hoy en día casi en todos nuestros programas profesionales se incluye al nivel básico algo de informática, como una respuesta a la necesidad de preparar a los estudiantes en un campo de la tecnología que ha revolucionado el ejercicio profesional y la forma de vida. Todo esto está muy bien, pero el punto que me preocupa fundamentalmente es el de que si el conocimiento en los campos conocidos tradicionalmente como ciencias básicas crece muy rápidamente y además se amplía la cantidad de materias que cabrían bajo esta denominación, como puede lograrse que los estudiantes de ingeniería obtengan una formación lo suficientemente actualizada y amplia ? El expediente al que se ha recurrido generalmente para dar a los estudiantes acceso a un nuevo campo de conocimiento o a un nivel mas avanzado de una cierta materia es el de ofrecer nuevos cursos que se refieran al nuevo tema o al nivel superior en materias que ya existen en el currículo. Así mis inquietudes con relación al campo de la biología se obviarían con la inclusión en el currículo de un curso básico en esta ciencia, o si se considerará conveniente que los estudiantes avanzaran en el estudio de ciertos campos de la física, se incluiría en la carrera un curso mas en física. Desde luego a mi modo de ver esta no sería la forma apropiada de lograr los objetivos propuestos. En realidad este sistema ha llevado a que nuestros currículos tengan una excesiva cantidad de materias, que tratan infructuosamente de cubrir el avance científico- tecnológico, y que en muchas ocasiones carecen de articulación y de coherencia. Simplemente agregando cursos no se logra un buen programa de estudios y por lo tanto no se forma ni se prepara adecuadamente a los estudiantes.

Pienso que frente al panorama de gran velocidad de cambio en el conocimiento y de ampliación del mismo que he descrito, es imposible pretender abarcar a base de inclusión de nuevas materias lo que se podría denominar como una adecuada formación en ciencias básicas para los estudiantes de ingeniería. Me parece que este crítico problema debería enfrentarse sobre la base de dar a los

estudiantes unas muy claras, sólidas e insustituibles bases en cuanto a los principios fundamentales de las ciencias y a partir de allí orientarlos a tener una capacidad de hacerse preguntas y de resolver interrogantes que les permita con los conocimientos básicos adquiridos y las informaciones, elementos y sistemas de información disponibles solucionar los problemas que tengan por delante. Es decir, lo que debería hacerse es capacitar a los estudiantes para formular preguntas, reflexionar y resolver problemas, antes que tratar de prepararlos para que conozcan todas las respuestas. Este enfoque implica nuevos tipos de cursos y sistemas de enseñanza y sin duda una nueva y mas creativa actitud de los profesores y de los estudiantes. En el fondo de lo que se trata es de abrir ventanas y perspectivas a los estudiantes y darles la preparación mental y las herramientas para que las analicen, las entiendan y las incorporen a su actividad profesional cuando sea necesario.

No quisiera dejar pasar esta ocasión y las reflexiones que estoy haciendo sin mencionar el porque me parece que la formación por ciclos en las ingenierías es equivocada. De lo que he expresado se desprende que el ingeniero se construye de abajo para arriba, de los principios generales hacia las aplicaciones particulares. De la teoría hacia la práctica y que por lo tanto no es posible formar un ingeniero, de acuerdo con la definición dada, si no se parte de una sólida formación teórica en ciencias básicas. Los estudios del ciclo tecnológico tienen un caracter completamente pragmático y lo que se busca es que el estudiante aprenda una serie de técnicas y su aplicación, sin razonar sobre las bases teóricas y científicas de las mismas. Desde luego no estoy poniendo en duda la importancia y la conveniencia de que se preparen buenos tecnólogos en Colombia. Son un elemento fundamental en el desarrollo del país. Lo que dudo es que un ingeniero formado en una facultad de ingeniería segun la definición adoptada para la profesión sea equivalente a un ingeniero formado en la modalidad por ciclos. Valdría la pena que durante el foro se analizara este tema que tanta preocupación genera al interior de la profesión.

La inquietud mencionada nos lanza de lleno al segundo interrogante que quisiera plantear ante ustedes hoy y que es el para que se hace la formación en ciencias básicas en las facultades de ingeniería. La respuesta a esta pregunta depende naturalmente de las responsabilidades y campo de acción que se pretenda dar a los ingenieros en Colombia, los que a su vez dependen de la política científico tecnológica que se adopte. Si como planteamos en nuestra propuesta a Colciencias para estudiar la formación de los ingenieros para el siglo 21, se adoptan diferentes escenarios para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Colombia, los papeles de los ingenieros serán diferentes y por lo tanto las necesidades de su formación también lo serán. Si por ejemplo, se adoptara la decisión de que el país debería perseguir como una meta política la generación de conocimiento propio y un cierto grado de independencia en la producción y la utilización de la tecnología, como por ejemplo en el caso del Brasil, sería indispensable que los currículos de ingeniería tuvieran una fuerte componente en ciencias básicas que permitiera el desarrollo de conocimientos y de aplicaciones referidas a la realidad colombiana. Dentro de este escenario los estudios de posgrado y la investigación serían indispensables y por lo tanto los estudios de pregrado deberían diseñarse para permitir que un cierto número de egresados pasara a los niveles de estudios superiores, lo que también supone una buena formación en las ciencias básicas.

Si por el contrario, en el otro extremo se decidiera que el país va a ser un usuario de tecnología importada, las características de los ingenieros y de su formación serían diferentes y mucho menos exigentes en lo que respecta a la formación científica, pues su papel sería el de aprender a utilizar unas ciertas técnicas, métodos y equipos que vendrían del exterior, sin que importaran mucho las bases teóricas y científicas que dieron origen a ellos. Naturalmente esta determinación entraña una relación de dependencia y de subordinación hacia los países productores de la tecnología.

Muy probablemente el desarrollo científico y tecnológico del país se ubicará en un punto intermedio entre estos dos extremos y por lo tanto el papel de los ingenieros será el de estar capacitados para generar conocimiento y tecnología propia en unas ciertas áreas y para utilizar tecnología importada en otras. Pero incluso en estas situaciones hace necesario el comprender fundamentalmente los avances tecnológicos importados para tener una razonable capacidad de negociación. Por lo tanto en mi opinión, incluso en este tercer escenario mas probable, las universidades deben preocuparse por mejorar y fortalecer la formación en ciencias básicas en ingeniería y en abrir campo a los estudios de posgrado de alta calidad basados en la investigación, pues de otra manera el país continuará haciendo cada vez investigación en laboratorios e instituciones diferentes relegando a las universidades a estas al modesto papel de ser únicamente transmisoras de conocimiento. Por el contrario las ideas y planteamientos que he expuesto implican una visión del papel de la universidad en Colombia que la compromete con el proceso de desarrollo y le confiere un papel protagónico en la conformación de la sociedad del futuro en el cual la tecnología y por lo tanto la ingeniería son elemento esencial. Quisiera por último destacar la relevancia y la gran importancia del tema que nos convoca hoy y que es el tema de trabajo del año e invitarlos a que realmente se convierta en motivo de pensamiento y de análisis no solamente en estos foros sino en su actividad cotidiana como directivos y profesores de las facultades de ingeniería del país.

Espero que estas palabras aporten al foro y sirvan para contribuir al debate y a los resultados que buscamos obtener del trabajo de este evento y de los demás que realizaremos este año sobre tan crucial e importante tema.

MIL GRACIAS

## 6 INTERVENCION DEL DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE, ING. ALEJANDRO SALAZAR JARAMILLO.

Quiero simplemente hacer una presentación de lo que es la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle y de cuales son sus objetivos. La Facultad inició labores en 1947 con el plan de estudios de Ingeniería Química, a través de los tiempos ha evolucionado hasta tener hoy funcionando 17 planes en los niveles de pregrado (profesionales y tecnológicos) y posgrado (magister y especializaciones). Esta estructura que nos ha permitido realizar muchos de los cambios que en la actualidad poseemos esta siendo cuestionada frente a los desarrollos que ambiciosamente queremos lograr. Esta estructura fue pensada aproximadamente 20 años atrás, la cual definió sus Departamentos con base en lo que denominaríamos las Ciencias básicas de la Ingeniería.

Los Departamentos que conforman la Facultad son: Electricidad, Mecánica de Sólidos y Materiales, Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas, Procesos Químicos y Biológicos e Información y Sistemas. En cada uno de los Departamentos se agrupan profesionales de diferentes áreas incluyendo otras disciplinas diferentes a las Ingenierías, con lo cual hemos conseguido algunos desarrollos

Dentro de dichos desarrollos podríamos plantear algunas inquietudes. Con base en un análisis de las Franjas que agrupan las asignaturas electivas ofrecidas por los Departamentos de la Facultad y la continuidad en el estudio de la Electiva a través de su proyecto de grado, podríamos concluir que los ingenieros egresados se han formado en 30 disciplinas diferentes; sin que esto haya sido reconocido formalmente.

En este sentido ha habido un movimiento que apoyado en la estructura de la Facultad ha flexibilizado el ofrecimiento de cursos permitiendo también el desarrollo de grupos de investigación donde participan estudiantes, en algunos casos a partir del semestre 06, programas de formación y las Escuelas del conocimiento con las cuales esperamos promover los posgrados en la Facultad.

Creemos que a la Universidad ingresa un bachiller que aspira a formarse en Ingeniería y a quién podríamos paulatinamente aumentarle su nivel de conocimiento hasta formarlo en cualquiera de los programas de posgrado. Lo anterior podría iniciar desde un nivel tecnológico hasta la formación a nivel de doctorado.

A diferentes niveles podríamos estar formando profesionales en un área específica del conocimiento (tecnólogos en Materiales, Ingenieros en Materiales Especialista en Materiales o Magister en Materiales).

Lo arriba planteado puede ser factible a través de la flexibilización de los currículos existentes como respuesta a las necesidades del medio. Debe ser el motivo de análisis, en este sentido, los mecanismos para compartirlos conocimientos y hacer que la gente se apropie de ellos y de la tecnología que se espera ofrecer. Lo anterior se enmarca en los planteamientos de formación integral del Ingeniero. Integral no solamente en la Ciencia básica, también muchos otros aspectos que pueden hacer de las soluciones en Ingeniería reales concretas. Existen obras de gran Ingeniería tecnológicamente muy bien hechas pero creándole un problema social al país. La pregunta es: ¿Cuál es nuestra responsabilidad como Ingenieros para poder percibir ese medio y ofrecerle soluciones de manera integral? En muchos casos es necesario que la Ingeniería entre a percibir su entorno.

Pienso, entonces, que en este Foro al tocar muchos de los temas de las ciencias básicas, queremos como aporte tocar la formación básica del Ingeniero, y de esa formación otro tipo de disciplinas. Me siento muy satisfecho, como Director al tenerlos aquí presentes, esperamos que se lleven una grata estadía en nuestra Universidad.

7 INTERVENCION DEL DECANO ACADEMICO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, ING. CARLOS JULIO CUARTAS CHACON, "ACERCA DE LO BASICO" (A)

LO BASICO EN INGENIERIA

-----  
Texto de la intervención del Decano Académico de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, Ing. Carlos Julio Cuartas Chacón, durante el I Foro Preparatorio de la IX Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, organizado por ACOFI y la Universidad del Valle, y realizado en Cali, el 17 de marzo de 1989.  
-----

Este foro de ACOFI nos ofrece la oportunidad de reflexionar sobre un tema en el que los términos pueden ser objeto de interpretaciones diferentes. Al compartir mi preocupación no deseo proponer soluciones definitivas al respecto sino realizar una pequeña aproximación al problema conceptual que tal vez nos permita una mejor comunicación.

Cuando me enfrento a este tipo de análisis no puedo dejar de recordar la siguiente sentencia de Ortega y Gasset, que nos alerta sobre el riesgo siempre presente de inoficiosas especulaciones que acoge gustosamente la retórica.

"Dóciles al prejuicio inveterado de que hablando nos entendemos decimos y escuchamos tan de buena fe que acabamos muchas veces por malentendernos mucho más que si mudos, procurásemos adivinarnos".(1)

Los dos términos que integran la expresión "Ciencias Básicas", son aparentemente simples y se usan con facilidad en discusiones cotidianas. Sin embargo es bien sabido para pensadores y aprendices de este singular oficio, la dificultad que se presenta cuando se trata de definirlos.

Ahora bien, cuando una expresión como la que nos ocupa, ofrece múltiples significados que se refieren en ocasiones a "cosas" bien distintas, se hace necesario adoptar uno de ellos, cual convención de referencia. De lo contrario, aunque se pueda hablar, de pronto lo hacemos de asuntos diferentes, lo cual resta riqueza, si no impide la discusión.

Sin embargo para algunos este ejercicio no es importante y su realización les parece una "pérdida de tiempo". Aunque respeto su apreciación, no la comparto. Ese afán pragmático que niega el espacio conceptual que genera referencias comunes, personalmente me parece peligroso.

Dejemos ahora esta breve justificación de mi ensayo y entremos en materia, repasando las expresiones binarias que contemplan las dos palabras en cuestión y las relacionadas que permiten precisar su significado.

---

**CIENCIAS:** Básicas, Físicas, Metafísicas, Puras, Aplicadas, Empíricas, Sociales, Naturales, Del Espíritu, Formales, Positivas, Profesional, Humanística, Moral, Técnica, Tecnología, Religiosa y Política.

**FORMACION:** Básica, Empírica, Social, Académica, Profesional, Humanística, Moral, Ética, Científica, Técnica, Tecnológica, Religiosa, Cívica, Política, Integral, Familiar, Universitaria, Escolar.

**ASIGNATURAS:** Básicas, Profesionales, Humanísticas, Científicas, Técnicas, Tecnológicas, Instrumentales, Específicas, Complementarias.

---

La lista sugiere numerosos interrogantes: Cuáles son las Ciencias Básicas? Qué relación tienen con la formación básica o las asignaturas básicas de un plan de estudios? Pero qué se entiende entonces por formación básica? Y así podríamos continuar. Lo anterior explica mejor el tema de mi reflexión. Ante todo se debe trabajar lo relativo a lo básico que es el adjetivo que utilizamos en la expresión que estamos analizando.

Encuentro dos procedimientos para definir si algo es básico. El primero tiene relación con una secuencia y en este sentido, básico corresponde a requisito indispensable de algo que sigue. Por ejemplo el conocimiento de vectores es básico para el estudio de la estática. El segundo tiene relación con la dependencia sustancial de algo con lo que le es básico, sin relación de secuencia cronológica. El ejemplo puede parecer tonto: el corazón es básico para la vida de un animal. En este contexto hablamos de elementos fundamentales sin los cuales no se logra el funcionamiento de un sistema. En Ingeniería Civil tendríamos el caso del contenido correspondiente a resistencia de materiales en contraste con la formación cívica.

Existe una relación compleja entre lo básico de algo y aquello que lo distingue. En este sentido se puede hablar de lo que es básico, fundamental, para un Ingeniero que lo hace Ingeniero y no Tecnólogo, por ejemplo. Pero fácilmente entra el relativismo en el

análisis según el marco de referencia que se determine: la formación ética de un Ingeniero, es básica o no, según como se analice el asunto. De manera que establecer lo básico de algo presenta un grado de dificultad que obliga al estudio detenido.

Por otra parte, si existe lo básico, se puede considerar lo que no es básico como aquello "desechable". En este sentido todo lo que incluye la formación universitaria se podría considerar como básico y es explicable. La Universidad debe proveer al ingeniero de lo necesario no solo para que ejerza cabalmente su profesión sino para que pueda continuar su formación. (Educación Continuada y Formación Avanzada). Lo contrario sería crear en el profesional la idea de formación terminal.

Partiendo del supuesto que al hablar de Ciencias no se requiere ninguna precisión conceptual, se podría plantear la pregunta: Cuáles son las Ciencias Básicas en la formación de un Ingeniero? Así planteado obviamente el asunto se restringe. Es diferente la discusión que se plantearía al hablar de lo básico en la formación de Ingenieros, la formación básica en Ingeniería, a lo cual me he de referir a continuación.

Sobre el particular permitanme proponer una caracterización de la persona profesional con base en cuatro áreas que unidas como aurículas y ventrículos del corazón humano, tienen estrecha relación:

1. Principios y valores humanos deben estar fundados en la persona y de los cuales se debe tener conciencia. Sembrados en la familia, cultivados en ella, en la escuela y en la sociedad, estos principios y valores humanos ofrecen un marco a la acción. La justicia, el respeto a los otros son ejemplos de esta primera área.
2. Leyes y métodos que determinan el origen y desarrollo de fuerzas y materiales de la naturaleza, se estudian y conocen para explicar y controlar resultados físicos.

Estos dos primeros niveles se complementan para formar el área que corresponde al SABER que en el diagrama ocupa la parte superior, la de ordenadas positivas si se quiere, en el espacio cartesiano.

3. Aplicación del saber profesional, descrito en el segundo nivel, para la resolución de problemas reales en lo que se denomina ejercicio profesional, valida la formación universitaria, al dar utilidad concreta al saber.

- FACULTAD  
UNIVERSITARIA
4. Comportamiento individual en lo personal y en lo social, en correspondencia con lo planteado en el primer nivel y que condiciona la selección de alternativas que se presentan en el ejercicio profesional, descrito en el tercer nivel.

De esta forma los dos últimos niveles se refieren al HACER de la persona que afecta su entorno. EL SABER en si no tiene efectos; se necesita del HACER para desarrollarlo.

De esta forma se puede considerar como básico, la formación universitaria en estos cuatro campos. Un Ingeniero puede reducirse al espacio de abscisa positiva, a lo estrictamente profesional con ignorancia de lo personal; y aunque esto es válido desde la perspectiva científica-tecnológica, socialmente ofrecería deficiencias; y es en el mundo social donde debe actuar el Ingeniero.

A esta formación se le puede llamar también integral. El balance justo, armónico entre componentes, por cierto difícil de encontrar, es ideal. Cualquier extremo, esquina de cuadrilátero, hace perder riqueza al trabajo universitario. Sin embargo se podría plantear como básico lo que corresponde al SABER y al HACER profesional que distingue al Ingeniero.

De manera que la formación básica en Ingeniería se podría entender de diversas maneras:

1. La profesional estrictamente. (Niveles 3-4)
2. La integral, que complementa la profesional (Niveles 1-2-3-4).
3. La que se ofrece en los primeros semestres de carrera.
4. La que corresponde a la Ciencias Básicas en general, que para algunos son la matemática y la física.
5. La que corresponde a las Ciencias Básicas de Ingeniería que para algunos son la Mecánica de Sólidos y la de Fluidos.

Ahora bien, otra perspectiva para el análisis se encuentra en el estudio de la clasificación actual que establece el Reglamento General de la Pontificia Universidad Javeriana para las asignaturas.

"Las asignaturas básicas proporcionan un fundamento general, tanto metodológico como de conocimientos. Estas asignaturas pueden ser comunes a currículos de diferentes Carreras.

"Las asignaturas específicas ofrecen un contenido constitutivo de la profesión o ciencia hacia la cual se orienta el currículo.

"Las asignaturas complementarias son aquellas cuya función es dar a los estudiantes una formación humana y académica integral.

"Las asignaturas de carácter instrumental son aquellas no profesionales que proporcionan elementos y principalmente técnicas necesarias o convenientes para el ejercicio profesional o para el estudio de la Carrera".(2)

No deja de ser interesante repasar los componentes de formación establecidos en la antigüedad. Las artes que forman el Trivium y el Quadrivium del currículo helenístico determinan un perfil al estudiante: el uso correcto de la lengua (Gramática), la elegancia en el sermón (Retórica) y la lógica en la discusión (Dialéctica), constituyen las tres "vías" para que la persona aprenda a "pensar y expresarse"; por su parte, el conocimiento de lo externo, para lo cual la medida es fundamental (Aritmética, Geometría y Astronomía) y la relación armónica que puede encontrarse o establecerse (Música), constituyen las cuatro "vías" adicionales para completar los "Estudios Generales" que todos debían cursar.

Todas ellas, después fueron conocidas como "Artes Liberales" (a las que se dedican los hombres libres), a diferencia de las "Artes Serviles" que corresponden a los oficios de siervos y esclavos, espacio que acoge la técnica y que por supuesto tiene estrecha relación con la Ingeniería. Cabe entonces la pregunta: Será el campo cubierto por las siete "artes liberales" el que corresponde a la formación básica de un hombre?

Un punto final para la reflexión nos lo ofrece la experiencia en nuestra Universidad en torno a las Facultades como unidad orgánica. La lista incluye las de Ciencias Sociales, Ciencias Jurídicas, Ciencias Económicas y Filosofía. La Facultad de Ciencias, antiguamente denominada de Ciencias Básicas, agrupa en sus Departamentos las áreas del conocimiento correspondientes a Matemática, Física, Biología, Química. En alguna oportunidad se discutió si el término básico se podía asignar con exclusividad a estas áreas del conocimiento. La enseñanza de contenidos en este campo que forman parte de currículos administrados por otras Facultades, se hace por servicio que a ellas presta la Facultad de Ciencias.

La Facultad de Ingeniería cuenta entonces con los servicios de las Facultades de Ciencias, de Ciencias Sociales y Educación, de Filosofía, y de los Departamentos de Ciencias Religiosas y Lenguas Modernas. De esta forma las llamadas Ciencias Básicas, para los futuros ingenieros, no son incluidas en la administración académica de la Facultad de Ingeniería. Se podría plantear un contrasentido: en estricto sentido en la Facultad de Ingeniería no se enseñan las Ciencias Básicas.

Al repasar estos asuntos bajo la certera dirección del P. Alberto Gutiérrez, S.J., Vice-Rector del Medio Universitario en mi Universidad, surgía la siguiente disyuntiva: Qué se pretende: estructurar la Facultad, entendida como unidad orgánica de la institución, para que se forme en ella un hombre; o estructurar al hombre para que sea capaz de ejercer la Facultad, entendida con autoridad?

A veces se reduce el concepto de Facultad a unidad dentro de la estructura institucional con programas, Decanos, etc; y se desprecia o ignora su primera característica y razón de ser: reunión de personas, estudiantes, profesores en torno a programas académicos.

#### CONCLUSION

La discusión es importante y por supuesto, interesante. Sin lugar a dudas conviene adoptar unas convenciones para tratar el asunto. Pero debemos recordar que lo fundamental no es facilitar la comunicación sino considerar globalmente los aspectos que incluye o debe incluir, la formación de los ingenieros en un país como el nuestro; con lo cual no quiero insinuar que en lo científico y técnico sean "menos" que la requerida para los que se gradúan en países "desarrollados". No! Lo que sí quiero sugerir es en lo que se refiere a responsabilidad, ética y solidaridad, deben evitarse las sombras que puedan llegar a oscurecer aún más el panorama nacional:

-----CJ 16/08/89

#### NOTAS

1. ORTEGA Y GASSET, J.: La Rebelión de las masas. Barcelona, Ediciones Orbis, S.A., 1983. La cita está tomada del "Prólogo para franceses".
2. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Reglamento General. Bogotá, 1979.

## 8 INTERVENCION DE LA VICEDECANA CURRICULAR DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE, ING. AIDA DE STOVENEL, "LA FORMACION EN CIENCIAS BASICAS Y EL INGENIERO DEL FUTURO".

### Introducción

Cada vez con mayor frecuencia las Facultades de Ingeniería se ven enfrentadas a la necesidad de revisar, actualizar y muchas veces reformar sus Planes de Estudios, debido fundamentalmente a cambios en las prioridades o planes de desarrollo nacionales y variaciones de las condiciones sociales, que han venido afectando las exigencias que debe enfrentar el ingeniero profesional. En repetidas ocasiones se ha tocado también el tema de la existencia de una cierta crisis en la enseñanza de la ingeniería, lo cual es apenas explicable en la medida en que la formación de ingenieros competentes es una tarea compleja.

Es importante destacar algunas características del campo profesional del ingeniero del futuro, las que influyen directamente en la concepción de un proceso enseñanza-aprendizaje. No se pretende en esta ocasión reseñar o caracterizar el campo profesional que creemos será el campo de acción de nuestros ingenieros en el futuro, ni hacer el intento de pronosticar las políticas de desarrollo nacional y mundial para ubicar la función de formación que le corresponda a las instituciones de enseñanza superior en el campo de la ingeniería.

Deseamos destacar aquellas características del futuro trabajo del ingeniero que inciden profundamente en la concepción de nuestro proceso educativo, y analizar, en cierta medida, los alcances de un proceso formativo adecuado para enfrentar el desafío que dichas características conllevan.

### La formación para el Futuro

El proceso educativo mismo no es neutro, ya que implícita o explícitamente contiene una carga valórica que perfila el horizonte axiológico del modelo curricular que lo guía. Particularmente, el estilo con que se imparte la instrucción conlleva una "filosofía" de la educación que matiza el accionar del docente en todos los aspectos del proceso enseñanza-aprendizaje (objetivos, metodología y evaluación).

Algunos de los aspectos del futuro campo de trabajo del ingeniero es la actividad interdisciplinaria de acuerdo a la cual, nuestro profesionales deberán interactuar con otros profesionales de muchas diversas áreas del conocimiento, atendiendo problemas complejos donde la tecnología apoyará la implementación de soluciones en el ámbito de la industria, comunicaciones, obras de infraestructura, salud, educación, etc. Otro aspecto es el empleo de la computación como una herramienta básica de trabajo.

Desempeñarse en grupos interdisciplinarios hace necesario desarrollar varias habilidades en diversos dominios de la persona. Una de aquellas es la capacidad de comunicarse con profesionales mentalmente estructurados con conceptualizaciones alejadas del campo de la ingeniería, para quienes las nociones de capa límite o diagramas de fase no le son familiares. También es preciso que el ingeniero reconozca oportunamente que, en la gran problemática nacional la tecnología aparece como una herramienta y no como un fin en sí misma. Solamente al tener una clara conciencia que su aporte profesional debe estar revestido de valores éticos y sociales podría el ingeniero ejercer liderazgo dentro de su sociedad.

En lo que se refiere a la computación, es interesante haber notado un resultado particularmente trascendente del empleo intensivo y extensivo del computador. Es posible concebir este recurso como una extensión de la mente humana, capaz de reproducir ciertas operaciones con una velocidad y amplitud que absolutamente escapan a las capacidades reales de aquella. Dichas operaciones seguirán predeciblemente siendo cada vez más complejas y cada vez más sofisticadas, en la medida en que el hombre se esfuerza continuamente por reproducir su propio pensamiento a través de programas computacionales. Esto incide particularmente en la capacidad de los ingenieros para aplicar la conceptualización lógico-matemática, a sistemas más amplios y menos convencionales, y de mucha trascendencia social, por cuanto el ingeniero tendrá que estar en condiciones de asimilarse continuamente nuevo conocimiento para alimentar la capacidad de procesamiento de sus sistemas computacionales en forma inteligente, y de este modo hacer un aporte creciente y significativo al desarrollo. A este desafío, evidentemente se asocia el cultivo de ciertas capacidades intelectuales en medida superior a lo que en el presente se considera suficiente. No es el mismo modelar y controlar sistemas de pocas variables, o de muchas variables similares dentro de un mismo orden natural, tal como por ejemplo, es el caso de un reactor, una máquina eléctrica o una turbina hidráulica, que modelar sistemas en los cuales intervienen a la vez fenómenos naturales, aspectos humanos, valores éticos, aspectos estéticos, de seguridad, políticos, económicos, etc. La computación nos enfrenta así, a trabajos que requieren una amplitud conceptual considerable, donde la fortaleza

conceptual tradicional del ingeniero, la logica matematica, es tan solo un ingrediente en un espectro de habilidades intelectuales y actitudes vitales que conforman el marco de ideas y vivencias de mayor amplitud.

Como puede apreciarse, estas dos connotaciones de las varias posibles del campo profesional del ingeniero que se ha considerado conveniente hacer resaltar, convergen hacia un proceso formativo que otorgue al estudiante una mentalidad, una personalidad y una formacion integral.

Las consideraciones precedentes muestran al ingeniero inmerso en tareas y actividades que demandan de él habilidades que se asocian a diversas áreas de su personalidad. La teoria educativa contemporánea permite separar la personalidad en cuatro áreas, a saber, Area Cognitiva (habilidades intelectuales), Area Afectiva (aptitudes, desarrollo socio-emocional), Area Potencial (auto-desarrollo) y Area Sicomotriz (habilidades y destrezas de comunicacion interpersonal y movimiento corporal). Estas cuatro áreas o dominios de la persona se encuentran comprometidas en la labor profesional futurista que se ha venido caracterizando. Si bien lo anterior también se aplica al profesional tradicional, las señales que llegan a las universidades del campo empresarial hacen ver que ciertos rasgos de la personalidad no se encuentran suficientemente desarrollados en los ingenieros actuales. El espíritu empresarial, la creatividad, la capacidad de comunicacion, la empatia, la capacidad de organizar y liderar, y la capacidad para actualizar conocimientos y estudiar en forma autónoma inciden fuertemente en las áreas afectiva, potencial y sicomotriz, las cuales no parecen ser cultivadas con la intensidad y amplitud que las condiciones futuras de trabajo hacen aconsejable.

También las habilidades asociadas al área cognitiva requerirán ser fortalecidas. Esta área ha sido tradicionalmente privilegiada en los planes de estudio de las carreras de ingeniería. Asignaturas y contenidos se han orientado principalmente hacia la aplicacion de conceptos físico-matemáticos en el contexto de las ciencias de la ingeniería y de las asignaturas complementarias más especializadas. Se supone dentro de este esquema que los cursos sistemáticos en ciencias básicas, capacitan al alumno para la función descrita. Se ha puesto un fuerte énfasis en el dominio de la lógica matemática, en empleo de conceptos físicos, químicos, de ciencias de ingeniería y otras materias afines, con una metodología que no estimula el trabajo independiente y creativo. Si se desea lograr ingenieros más humanistas, interactivos, con buena capacidad de comunicarse, con compromiso de mantenerse en continua renovacion de conocimientos y dispuestos a ser creativos e independientes intelectuales,

entonces debemos procurar que se modifiquen los métodos de enseñanza y contenidos convencionales que no garantizan lograr todos estos objetivos.

Aunque la tarea no es fácil, es posible identificar algunos planteamientos que posibilitan una buena base para implementar estrategias curriculares destinadas a la enseñanza de este tipo de conductas:

- Autodirección del aprendizaje
- Aprender a aprender
- Autoevaluación

La autodirección del aprendizaje contribuye poderosamente a establecer conductas de búsqueda de información y selección de estrategias de aprendizaje que se ajustan convenientemente a las características y expectativas del estudiante.

Con relación a la segunda premisa y quizás la más importante, es razonable afirmar que el proceso educativo debe estar orientado a enseñar conductas que los estudiantes puedan usar, a su vez, para aprender por sí mismos. Desde este punto de vista, el desarrollo de estrategias cognitivas, mecanismos de solución de problemas, etc., capacita mejor al individuo para incorporar permanentemente nuevos aprendizajes sobre situaciones siempre cambiantes. La acción docente no debe estar solo centrada en la entrega de conocimiento factual, sino también en el arreglo de las circunstancias para que los alumnos puedan aprender por sí solos.

La actividad educativa, cuando es realizada por la misma persona, permite tener más clara conciencia de los éxitos y fracasos, y facilita el compromiso con el propio proceso de aprendizaje, contribuyendo en buena medida al desarrollo de un sólido sentimiento de autoeficiencia. La autoevaluación es posible solo en la medida que el individuo se haya fijado sus propios objetivos y esté intrínsecamente motivado para aprender.

El punto central es entonces, cómo mirar el problema de la enseñanza de las ciencias básicas a la luz de la formación que queremos impartir a nuestros ingenieros para el futuro. Es decir, identificar las estrategias de enseñanza y aprendizaje que los mismos contenidos de las asignaturas, haciendo énfasis hacia los resultados deseables en el proceso, suponiendo la adopción del concepto de currículo centrado en la persona como determinante para el logro de los objetivos educativos propuestos.

La tarea del docente será ayudar al alumno a crecer, a ejercitar su propia actividad, para que sea capaz de decidir por sí mismo proporciones cada vez mayores, cómo llegar a sus objetivos.

deberá implementar el método de trabajo personal del alumno a través de actividades donde se le entregue la información básica necesaria para una adecuada comprensión y asimilación del tema tratado, dejando sin cubrir intencionalmente, aspectos de desarrollo y aplicaciones que debe elaborar el estudiante en forma independiente. La calificación de este tipo de trabajo debe reflejar la importancia que reviste la iniciativa, dedicación e ingenio demostrados, así como la capacidad de expresión, oral y escrita.

En el caso de laboratorios o trabajos experimentales, éstos deben ser programados para evolucionar desde un sistema rígido y estandarizado a laboratorios de diseño, donde el alumno, a partir de una situación que se le expone, deberá diseñar y realizar la experiencia, para entregar finalmente la respuesta o solución a dicha situación.

### Consideraciones Finales

Es posible en el mundo moderno, caracterizado por un acelerado proceso de cambio, encontrar modelos y estrategias educativas en la enseñanza de las ciencias básicas y las ciencias de la ingeniería, que permitan enseñar conductas que los estudiantes pueden usar a su vez, para aprender por sí mismos. Si el ingeniero del futuro ha aprendido a aprender, podrá sin dificultad adaptarse a los cambios. El aprendizaje de "hechos" o conocimientos muy específicos y avanzados científica y tecnológicamente, puede generar dificultades de adaptación y sentimientos de inadecuación y obsolescencia.

9 INTERVENCION DEL DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, ING. HERNANDO DURAN, "AREA DE LAS CIENCIAS BASICAS EN LOS CURRICULOS DE INGENIERIA".

1. EL PAPEL DE LA FORMACION BASICA EN EL INGENIERO

La enseñanza de la ingeniería en Colombia presenta hoy un panorama muy variado en cuanto a su orientación, contenido y organización. Vemos que existen básicamente dos tipos de orientación de los programas actuales. Uno de ellos se enfoca hacia sacar profesionales especializados en áreas concretas tales como Estructuras, Suelos, Máquinas, Electrónica, Comunicaciones o Potencia, con miras a que sean útiles y productivas en una forma inmediata desde el momento en que se emplean por primera vez. La orientación opuesta, busca por el contrario, darle al ingeniero una formación básica, que lo capacite para desarrollarse profesionalmente en una variedad de campos y una educación que perdure durante todo su ejercicio profesional.

Si bien en el pasado ha habido intentos de ambas orientaciones a encontrarse, buscando algún punto de compromiso, es indudable que hoy todavía existe una notoria y sana variedad en los objetivos de las Universidades que ofrecen programas de Ingeniería en Colombia. Sin embargo sí podemos hablar en forma global del centro de gravedad de la orientación de la enseñanza de la Ingeniería nos parece que se ha desplazado hacia el lado de dar una formación más básica.

Los orígenes de este desplazamiento hacia lo fundamental, que es ciertamente una característica no solamente de la educación en la

Ingeniería en Colombia, sino que constituye un rasgo de nuestro tiempo, deben buscarse en los siguientes hechos.

- 1.1. El ritmo cada vez más acelerado del progreso tecnológico, el cual exige dar una educación más amplia y más fundamentada en un conocimiento de las ciencias básicas de la Ingeniería, tales como la ciencia de los materiales y del estado sólido, la termodinámica, etc. y en general de la física moderna.
- 1.2. La creciente complejidad de los problemas a los que se ve enfrentado el ingeniero, la cual resulta por una parte del aumento natural del tamaño y por otra de la mayor sofisticación y variedad de los componentes de los sistemas con que trabaja, hacen necesario para su análisis la introducción de conceptos matemáticos y métodos numéricos enteramente nuevos los cuales requieren de un conocimiento adecuado de las matemáticas modernas.
- 1.3. El desarrollo continuado de la tecnología del computador digital, cuyo impacto sobre el procesamiento de la información solo puede ser equiparado con la invención de la imprenta, ha permitido de un lado resolver precisa y efectivamente un vasto número de problemas de ingeniería para los cuales hasta hace unos pocos años tan solo se podía aspirar a plantear su solución, y por otro ha impulsado el desarrollo de métodos completamente novedosos para el análisis y diseño, los cuales se nutren profusamente de los modernos conceptos y técnicas de la investigación operacional.
- 1.4. La creciente preocupación del ingeniero moderno por los factores humanos, económicos, sociales, políticos y administrativos que están necesariamente involucrados con las decisiones de carácter técnico, exige que su educación lo lleve hasta el punto de entender y comunicarse adecuada y eficazmente con casi cualquier tipo de profesional, y que le permita así emprender tareas interdisciplinarias.

Vemos pues que la capacidad innovativa y creadora del ingeniero de hoy está estrechamente vinculada a su conocimiento de las ciencias básicas de

la ingeniería, las matemáticas aplicadas, los computadores, y de otras disciplinas como la economía y la administración.

Si bien los hechos anotados anteriormente pueden explicar aún cuando sea en forma de aproximación la tendencia fundamentalista en la orientación de nuestros programas de Ingeniería ellos plantean a su vez los siguientes interrogantes.

-Cómo van a satisfacerse las necesidades inmediatas del país y de la industria, si el ingeniero no alcanza un grado de especialización para que sea productivo en forma inmediata?

-Qué clase de mecanismos deben existir para que el ingeniero con una formación básica alcance el grado de competencia necesaria para asegurar una continuada productividad en su práctica profesional?

Sin pretender dar una respuesta exhaustiva a estos interrogantes, los cuales pueden dar lugar a muchísima discusión, hacemos aquí algunas consideraciones.

Como ya se anotó antes, aún cuando la tendencia general es hacia dar una formación básica, existen sin embargo, universidades y otros institutos de tecnología cuyos programas están orientados hacia sacar ingenieros y técnicos altamente especializados. Estos profesionales pueden contribuir en forma casi inmediata a satisfacer las necesidades actuales de la industria. No se ve sin embargo, cómo las necesidades que tiene el país a mediano y largo plazo pueden suplirse de la misma manera.

Por una parte, el acelerado ritmo del cambio tecnológico exige que los profesores, o los profesores de los profesores, al menos, estén en capacidad de renovarse a si mismos y continuar al mismo paso del avance de la ingeniería. De otra manera caeríamos rápidamente en la obsolescencia tecnológica.

Por otra, los costos de formar ingenieros altamente especializados son la reducción de su movilidad de un campo a otro y de una obsolescencia más

temprana. Ahora bien, estos costos tienden a ser cada vez más altos, ya que la demanda de ingenieros y técnicos se está viendo más afectada por el avance de la tecnología, los cambios en prioridades nacionales, la alteración de las condiciones sociales y los cambios en la profesión misma.

En cuanto al problema de cómo puede el ingeniero o profesional con una formación básica alcanzar el nivel de competencia en un campo específico, necesario para alcanzar su productividad, es importante observar que las soluciones que se le han dado en el pasado han sido muy variadas y van desde la creación de programas de entrenamiento en la industria misma a la cual se incorpora el egresado, hasta la introducción de programas de posgrado en muchas de las universidades colombianas.

Las consideraciones anteriores indican la imperiosa necesidad de la educación continuada como vehículo esencial para proveer el grado de especialización requerido del ingeniero y para luchar contra la rápida obsolescencia tecnológica.

Hoy, más que en otras épocas, una educación que perdure durante toda la vida profesional se concibe solo como un proceso continuado, en el cual el profesional se somete periódicamente a distintos tipos de influencias renovadoras tales como cursos cortos, seminarios, congresos, cursos formales, etc. Los años de estudio en la universidad deben mirarse entonces como un medio para que el estudiante adquiera un alto grado de confianza en su capacidad de continuar aprendiendo durante toda la vida, y para que adquiera también los conocimientos básicos que le permiten ser permeable y asimilar efectivamente las mencionadas influencias.

## 2. LAS CIENCIAS BÁSICAS EN EL CURRÍCULO DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

El currículo técnico de Ingeniería de la Universidad de los Andes puede considerarse compuesto por tres grandes áreas:

- Ciencias Básicas
- Ciencias de la Ingeniería
- Tecnología

La figura 1 muestra estas tres áreas y sus interrelaciones. Las Ciencias Básicas están formadas por las Matemáticas Básicas, como el Cálculo Diferencial e Integral y el Algebra Lineal, y la Física y la Química.

Las Ciencias de la Ingeniería comprenden el área de matemáticas aplicadas, la cual incluye los cursos de Análisis de Sistemas Dinámicos, Probabilidad y Estadística, Análisis Numérico, Optimización y Programación, y el área de física aplicada, la cual incluye los cursos básicos de Dinámica, Termodinámica y Electromagnetismo y los cursos aplicados de Mecánica de Sólidos, Mecánica de Fluidos y Teoría del Calor, y Estado Sólido.

Finalmente el área Tecnológica incluye el ciclo de cursos del ciclo profesional en el cual se destacan conceptos y herramientas tales como la maquina, el proceso y el control. Mientras el énfasis en los ciclos de ciencias básicas es sobre el análisis, en el ciclo tecnológico se hace énfasis sobre la síntesis y el diseño.

A continuación se presentan la figura 1 Currículo Técnico de la Facultad de Ingeniería y los cuadros de Matemáticas Aplicadas y Física Aplicada con sus respectivas materias en cada uno de los programas de ingeniería de la Universidad de los Andes.

LA

uede

C I E N C I A S  
B A S I C A S

C I E N C I A S  
D E I N G E N I E R I A

T E C N O L O G I A

MATEMATICAS  
BASICAS

FISICA Y QUIMICA  
BASICAS

MATEMATICAS APLICADAS

OPTIMIZA - CION	SISTEMAS DINAMICOS	PROBAB. Y ESTADIST.	ANALISIS NUMERICO	PROGRAM. ESTRUCT.
--------------------	-----------------------	------------------------	----------------------	----------------------

FISICA APLICADA

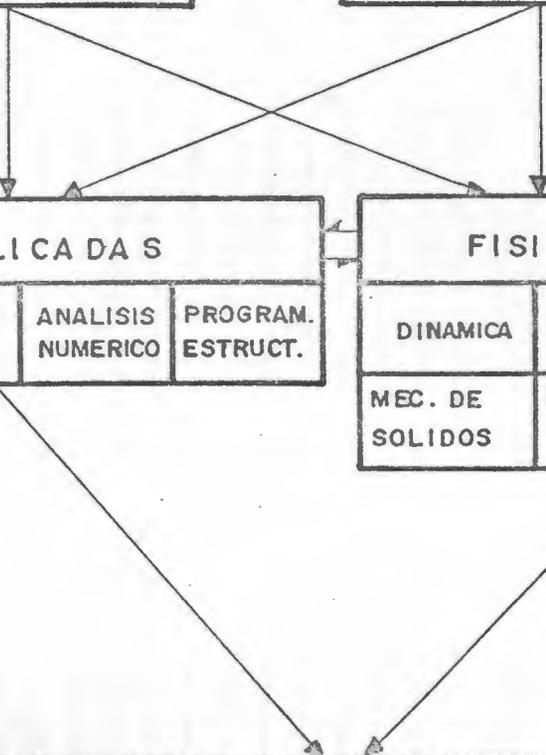
DINAMICA	TERMODIN.	ELECTROMG.
MEC. DE SOLIDOS	MEC. FLUIDOS Y TR. CALOR	ESTADO SOLIDO

CICLO PROFESIONAL

MAQUINA	⇌	PROCESO	⇌	CONTROL
---------	---	---------	---	---------

A N A L I S I S

S I N T E S I S



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA

MATEMATICAS APLICADAS

	Ing. Civil	Ing. Eléctrica	Ing. Industrial	Ing. Mecánica	Ing. Sis
<b>TEMAS DINAMICOS</b>					
Temas Lineales	X	X	X	X	
Temas Circuitos		X		X	
		X		X	
Temas Discretos (Electrónica)		X			
<b>ESTABILIDAD</b>					
Estabilidad	X	X	X	X	
Estabilidad	X		X		
<b>TEMAS NUMERICO</b>					
Temas Numérico		X		X	
<b>COMPUTACION ESTRUCTURADA</b>					
Computación	X	X	X	X	
Transferencia de Datos			X		
Representación Gráfica					
<b>COMPUTACION</b>					
Computación	X	X	X		

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA

FISICA APLICADA

	Ing. Civil	Ing. Eléctrica	Ing. industrial	Ing. Mecánica	Ing. Siste
<b>FISICA</b>					
Mecánica	X	X		X	
Acústica	X	X		X	
<b>OPTICA</b>					
Óptica Electromagnética		X			
<b>MECANICA</b>					
Mecánica Dinámica		X		X	
<b>FISICA DE SOLIDOS</b>					
Propiedades de Materiales	X			X	
Materiales	X			X	
Estructuras	X				
<b>FISICA DE FLUIDOS</b>					
Mecánica de Fluidos	X			X	
Transferencia de Calor				X	
Acústica	X				
Óptica	X				
<b>CIRO SOLIDO</b>					
Circuitos sólido		X			
Electrónica Digital		X		X	X
Electrónica Analógica		X			



**10 INTERVENCION DEL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS  
BASICAS DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, DR.  
BERNARDO LOPERA "LAS CIENCIAS BASICAS EN LAS  
INGENIERIAS".**

CONTENIDO

INTRODUCCION

LA FISICA EN LAS INGENIERIAS

LA MATEMATICA EN LAS INGENIERIAS

PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE QUIMICA GENERAL PARA UNA FACULTAD DE  
INGENIERIA

METODOLOGIA DE LA ENSEMANZA

CONCLUSIONES



## INTRODUCCION

La Universidad está obligada a situar al hombre en la cultura del siglo, con un espíritu crítico y posibilitado para seguirla.

La ingeniería es una Tecnología de la física.

La Matemática debe proporcionar los requerimientos de la física y propender por una formación crítica del estudiante que la facultan para interpretar los diferentes cambios que se producen en la ciencia y en la Tecnología.

La fundamentación científica cambia menos rápido que la Tecnología.

Es mas fácil crear que copiar.

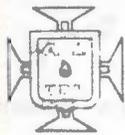
Bajo estos marcos generales de referencia, plantearemos lo que es la concepción y función de las ciencias en ingeniería, según nuestro criterio; insinuaremos su cobertura y profundidad y enfatizaremos unos dos tópicos metodológicos.



## I. LA FISICA EN LAS INGENIERIAS

Se considera importante no perder de vista los siguientes puntos en los cursos de física para ingenieros:

1. Brindar al estudiante sólidos conocimientos científicos que sirvan de base a las materias tecnológicas de su carrera. Los cursos se orientarán hacia el estudio de los principios, sus aplicaciones y limitaciones.
2. Procurar que el estudiante sienta la sensación de continuidad en el tránsito de un curso a otro, lo que le permitirá ver que la ciencia descansa sobre unos pocos principios básicos y que es su desideratum el que sean un mínimo. Esa misma sensación de continuidad debe conservarse y resaltarse no sólo a través de los capítulos de cada programa, si no, aún dentro de las secciones de un mismo capítulo.
3. Para lograr los dos objetivos anteriores, es necesario:
  - a. Que el profesor logre, mediante ejemplos bien seleccionados, establecer la diferencia entre materias científicas y tecnológicas, lo que además de servir de acicate al estudiante para asimilar bien sus cursos básicos, evitará los frecuentes traumas creados por los procedimientos empleados en muchas materias de Ingeniería: Ecuaciones empíricas, aproximaciones, tanteos, "el factor experiencia", etc.; en una mente sólo habituada a los procedimientos científicos y que nunca tuvo información de los métodos usuales en materias de ingeniería.
  - b. Inculcar al estudiante los aspectos principales de la metodología científica: Acumulación y clasificación de datos obtenidos de la observación y de la experimentación, creación de conceptos y de definiciones operacionales (espacio, tiempo, velocidad, fuerza, energía, etc.), para establecer leyes empíricas, formulación y comprobación de hipótesis, Ley; lo que le permitirá juzgar el papel de las hipótesis en la elaboración de la ciencia, comprender los límites de validez de toda afirmación, ley o fórmula y, en general, entender cómo se hace ciencia.
  - c. Para rellevar la idea de unidad en la materia se omitirá el estudio enfocado bajo la división tradicional en temas aislados como mecánica, calor, sonido, electromagnetismo y



Óptica. En cambio se orientarán todos los temas desde conceptos más generales de interacciones, leyes de conservación, campos y ondas. Se dará al concepto de interacción su cabal importancia, señalándolo como responsable de todos los fenómenos observados en la naturaleza. Ya en los campos se estudiará el mismo concepto de interacción en términos de ellos. También las ondas serán estudiadas como una consecuencia de los campos.

4. Divulgar algo del desarrollo histórico de las ideas básicas de la física, sus repercusiones en todos los órdenes sociales y las vicisitudes por las cuales pasaron algunos científicos para enunciarlas.

5. Aprovechar aquellos temas (v. gr. comportamiento dual onda-partícula) aún no totalmente dilucidados para hacer sentir al estudiante que la ciencia no es, y quizás nunca lo será, un libro terminado. Mostrar al estudiante cómo algunas categorías fundamentales (v. gr. el caso de concepciones espacio-temporales antes de la Teoría de la Relatividad) han sido revisadas. Esto ayudará a formar en el estudiante un delicado escepticismo respecto a la "infalibilidad de la ciencia" en su interpretación de la naturaleza. Si esto se logra, se habrá conseguido el resultado plausible de convertir al estudiante en alguien que puede intentar sus propias interpretaciones del mundo físico.

## II. LA MATEMATICA EN LAS INGENIERIAS

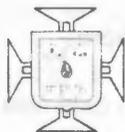
La Ingeniería es una Tecnología (plan de acción para lo práctico) de la física y por lo tanto presupone la creación de modelos para comprender la "realidad" el estudio de su invariancia respecto de cambios de "marcos de referencia" y la elaboración de mecanismos tendientes a contrastar esos modelos con la "realidad".

Todos sabemos que para bien ó para mal, la física se vale de la matemática en su modelaje, estando ahí la principal justificación de la matemática en la ingeniería: Servir a la física (desde luego, ese no es el oficio de la matemática como tal; es que se trata de una circunstancia bien especial); con lo que tiene su misión a remolque de física: Qué ésta diga qué necesita. Siendo deber de la matemática atender cumplidamente a tales requerimientos. El enfoque de esos requerimientos ha de ser el contemporáneo, centrado en los conceptos de conjunto y relación, en consonancia con lo que siempre ha sido espíritu de la matemática: Organizar (estructurar) conjuntos, estableciendo relaciones entre sus elementos; hay personas todavía obstinadas en pasar por alto que "las matemáticas modernas" son una muestra excelente del avance en la causa científica de los humanos, muestra que, en particular, ha sabido orientar la tarea de la física (me refiero por supuesto a la "teoría" de los grupos y a los "espacios" de Hilbert, entre otros asuntos. Capacitando al estudiante en la adecuada construcción de "Modelos", para los propósitos que persigue la Ciencia y la Ingeniería, se pretende habilitarlo en la "Matematización" de los problemas del mundo real.

La Sección de Ciencia Básica cree cumplir con dichos fines haciendo un enfoque "Moderno" que dá mayor énfasis a la comprensión de los conceptos fundamentales los cuales se discuten de una manera razonablemente rigurosa.

En segundo lugar, esta búsqueda de "estructuras" (ó espacios, a la manera de Riemann) está amparada tanto por la deducción como por la intuición; la matemática esencialmente intuitiva tiende a confundir en último término la metáfora con el hecho; se trata de un proyecto de intuición legitimada por la deducción el que debe primar en la presentación de la matemática.

Y en tercer lugar no sólo hay que insistir en la faceta "operativa", ya incorporada a las máquinas de cálculo, si no también en la faceta "reflexiva" apoyada en las propiedades de



los conceptos que se manejen. Con el aspecto operativo se busca una educación matemática: Un aprendizaje de algoritmos, fórmulas y reglas; y con el aspecto reflexivo se persigue una cultura matemática: Un ejercicio cotidiano y decidido en los hábitos de examen crítico de los conceptos y modelos, que permitan innovar "ir más allá" de la educación matemática adquirida. Es que el sólo entrenamiento en las "matemáticas operativas", a fuer de ser necesario, no es garantía en el uso efectivo de la matemática como se entiende hoy; por lo demás, el aspecto reflexivo es el camino mediante el cual puede llegarse a que la matemática contribuya eficazmente a la "formación integral" de una persona. No cabe duda de que la matemática es una de las áreas de conocimientos que puede contribuir con mayor peso a mejorar la capacidad analítica de una persona.

Quizás conviene observar que la llamada "Matemática Moderna" no solamente permite hacer una presentación más rigurosa y más interesante de la "Matemática Tradicional", si no que además se pueden ver otros tópicos que encuentran una vasta aplicación en el mundo actual.



III. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE QUIMICA GENERAL PARA UNA FACULTAD DE INGENIERIA

1. Estructura Atómica.
2. Enlace Químico.
3. Estequiometria.
4. Los Gases.
5. Los Líquidos.
6. Los Sólidos.
7. Cambios de Estado.
8. Disoluciones.
9. Equilibrio Químico.
10. Electroquímica.



#### IV. METODOLOGIA DE LA ENSEÑANZA

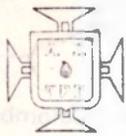
Las Matemáticas deben emplearse en el estudio de las ciencias físicas como una manera de unificar los principios sólidamente: Será pues necesario al emplearlas, hacer constantes referencias a la naturaleza de los fenómenos físicos para evitar convertir la física en una rama de la matemática.

Los problemas son un medio para ayudar al estudiante a entender los conceptos e ideas, un medio, mas no son un fin en si mismo. Encontrar la fórmula que proporcione la respuesta correcta, será un objetivo? Resolver los problemas se ha constituido en una medida del aprendizaje. Cuando los individuos están enfrentados a problemas auténticos, requieren entenderlos para poder resolverlos. Los estudiantes pueden resolver problemas sin entender los conceptos físicos que están involucrados en ellos. Los problemas de física se han constituido en un género linguístico particular, idealizaciones tales como poleas sin maso, planos de fricción, etc. en lugar de ayudar al estudiante lo confunda. Que mensaje fisico-químico le ha quedado al estudiante luego de que ha olvidado las fórmulas?. "La física es la única disciplina competente para desarrollar las habilidades del pensamiento que requieren para resolver auténticos problemas de la vida real".

Propendemos por la reivindicación de un elemento abandonado hace tiempo en la formulación y solución de los problemas cual es "la palabra"; las palabras propias del estudiante tienen una vida media más larga que la de las fórmulas memorizadas". Los problemas estereotipados en ciencias, sólo sirven para encasillar a los estudiantes y evitar su propia originalidad y destreza; los problemas así propuestos alejan a los estudiantes cada día más de la realidad de los hechos físicos y/o del mensaje que pretende dar la matemática.

La ciencia no es sólo algoritmo, necesita laboratorio. Consideramos las diferentes modalidades de la experimentación: Comprobar, redescubrir, modelar, demostrar, adquirir destreza en el manejo de los aparatos de medición, solución experimental de problemas.

Debe el estudiante aprender a congeturar sobre las variables de las que depende una magnitud física determinada. Aprender a aislar las variables que identifican su dependencia con la magnitud indagada. El informe de laboratorio debe ser una



herramienta que discipline al estudiante en los rigores de método científico, base ésta para la formación integral que aspiramos dar a nuestros ingenieros.

Debe evitarse que las prácticas se conviertan en el seguimiento de un manual que, a manera de recetario, indique uno a uno los pasos a seguir. En lugar de esto, debe prepararse al estudiante para que mire cada práctica de laboratorio como una investigación en pequeño con todos los elementos:

- a. Planteo del problema.
- b. Selección del Método experimental a seguir.
- c. Ejecución de mediciones.
- d. Interpretación de datos.
- e. Discusión del significado experimental.
- f. Conclusiones.

GRUPO ASESOR DE CIENCIA BASICA  
Escuela de Ingenierias - U.P.B.



## CONCLUSIONES

1. La ingeniería es una tecnología de la física "Todo debe ser pues en beneficio de la Física".

2. En la matemática no sólo hay que insistir en la faceta "operativa", ya incorporada a las máquinas de cálculo, si no también en la faceta "reflexiva" apoyada en las propiedades de los conceptos que se manejen. Con el aspecto operativo se busca una educación matemática: Un aprendizaje de algoritmos, fórmulas y reglas; y con el aspecto reflexivo se persigue una cultura matemática: Un ejercicio cotidiano y decidido en los hábitos de examen crítico de los conceptos y modelos, que permitan innovar, "ir más allá" de la educación matemática adquirida. Es que el sólo entrenamiento en las "matemáticas operativas", a fuer de ser necesario, no es garantía en el uso efectivo de la matemática como se entiende hoy; por lo demás, el aspecto reflexivo es el camino mediante el cual puede llegarse a que la matemática contribuya eficazmente a la "formación integral" de una persona.

3. De la enseñanza de la física. Sus fines:

- a. Ser el fundamento de las asignaturas tecnológicas.
- b. Mostrar el camino seguido en la consecución de sus leyes de tal modo que ilustre la manera como opera el método científico en las ciencias naturales.
- c. Inculcar en el estudiante la metodología del trabajo experimental por medio de las prácticas del laboratorio y del informe escrito.
- d. Destacar el gran aporte de la física al patrimonio cultural de la humanidad.

Para alcanzar estos logros el profesor deberá poseer:

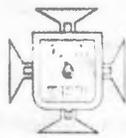
- a. Una bien fundamentada cultura científica.
- b. Una clara apreciación del papel de la ciencia en la Tecnología.
- c. Vocación por el trabajo experimental.

Colombia

de el  
al que

imiento  
uno los  
mediante  
igación

BASICA  
U.P.B.



4. Química General: Esta asignatura debe ser una introducción al estudio de la física-química, entendiéndose por tal, análisis de los fenómenos físicos y químicos desde un punto de vista molecular.

5. Todas las asignaturas de ciencias naturales deben tener correspondiente laboratorio.

6. La ruptura tajante entre la parte de fundamentación (ciencias) y la Tecnológica, crea una frustración por parte de los profesores y estudiantes quienes luego de un esfuerzo grande para entender un lenguaje universalizador se encuentran ante una disyuntiva de olvidar lo anterior y dedicarse a una simple lectura superficial de manuales que los habilitan para usar la tecnología. Puede ocurrir, en la otra dirección, que se esté fundamentando para algo que ya no es actual, que perdió vigencia como útil para el desarrollo del país.

GRUPO ASESOR DE CIENCIA BASICA  
Escuela de Ingenierías - U.P.B.



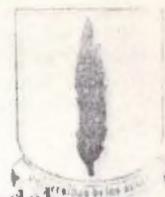
## II INTERVENCION DE LA DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, *DRA. MARGARITA DE MEZA "FORMACION BASICA O FORMACION INTEGRAL?"*

Más que una ponencia, me propongo compartir con ustedes algunas reflexiones en torno al tema de la "formación", tema central y ampliamente debatido en la educación superior. Muchas de estas ideas han sido discutidas en el "Comité de Formación Básica" de la Universidad de Los Andes.

### MISION DE LA UNIVERSIDAD

La primera pregunta que surge cuando se piensa en la formación del estudiante, es : ¿cuál es la misión de la Universidad? o, más específicamente, ¿cuál es la misión de cada una de las Universidades dentro del sistema de educación del país?

Sobre los tres modelos clásicos de la Universidad, la inglesa hecha para formar el "gentleman", la alemana para formar el científico y la francesa para formar el funcionario, se fue construyendo la Universidad Latinoamericana sin una clara identidad. Contamos ahora con un conglomerado heterogéneo de instituciones que, a mi modo de ver, carecen de propósitos comunes, lo que hace imposible una aproximación general al tema. Trataré de hacer algunas hipótesis sobre la misión de la Universidad, para acercarme luego a cómo realizarla.



Pensemos en una Universidad cuyo objetivo sea formar el ciudadano del mañana, no sólo preparado para desempeñarse en el mundo del trabajo sino dotado de los conocimientos, habilidades, actitudes y valores que le permitan reflexionar sobre el pasado, ser consciente del presente y otear el futuro para impulsar la innovación y el cambio social.

### PERFIL DEL EGRESADO

¿Qué características debe tener ese individuo? Tratemos de determinar algunas de ellas.

- Debe estar ante todo comprometido con la sociedad y el país, conocer las características de nuestro medio y nuestra cultura, ser capaz de comprender, reflexionar y aportar soluciones a los grandes problemas que nos aquejan como la violencia, el odio y las diferencias sociales. Debe ser un individuo exigente de sus derechos y responsable de sus deberes, consciente del compromiso que tiene con la sociedad que le brindó el privilegio de acceder a una formación superior.

- Debe tener unos sólidos conocimientos científicos. La ciencia es parte de la cultura de hoy. El profesional de mañana no sólo requiere de un conocimiento instrumental de las ciencias básicas (matemáticas, física, química, biología) que le permitan comprender otras asignaturas de su profesión. Es necesario profundizar en el estudio de estas ciencias,



comprender la evolución del pensamiento científico a lo largo de la historia de la humanidad, entender la manera como la noción de "verdad" y la relación entre "teoría" y "realidad" han ido cambiando la visión del mundo a través de la historia.

La brecha entre ciencia y tecnología es cada vez menor hasta confundirse sus límites. Es por eso que el profesional del mañana, especialmente aquel que se moverá en el mundo de la técnica, requiere de un conocimiento sólido en aquellos campos de la ciencia que están marcando el rumbo de la técnica (o viceversa?): nuevos materiales, biotecnología, informática ... conocimientos que le permitan no sólo participar sino contribuir al desarrollo del mundo que lo rodea.

Entre estos profesionales habrá unos pocos que opten por el difícil camino de la investigación. Es indispensable sembrar esa semilla.

- Debe ser capaz de aprender. El mundo cambia vertiginosamente. La distancia entre la producción y la aplicación del conocimiento es cada vez menor. Es necesario, por tanto, formar individuos con la capacidad y el gusto por aprender, que puedan apropiarse de nuevos conocimientos, manteniéndose al día. Pero no le basta al país contar con profesionales actualizados. Se requieren también algunos que formulen nuevas preguntas, que tengan la curiosidad que los impulse a ir más allá, a avanzar en el conocimiento.



- Interdisciplinaridad. El avance actual del conocimiento implica la necesidad de conformar grupos de trabajo donde contribuyan profesionales de distintas disciplinas. Es por eso que el profesoral debe contar con un conocimiento básico sólido, pero ante todo, con un respeto por las demás disciplinas que le permita interactuar con otros, recibiendo y aportando.

- Debe ser capaz de comunicarse con los demás. Expresar en forma oral o escrita sus ideas y comprender los mensajes orales, escritos y audiovisuales. Debe ser capaz de aprovechar eficientemente los múltiples adelantos que la ciencia y la tecnología ofrecen en materia de comunicación y manejo de la información.

- Debe poseer una sensibilidad que le permita percibir, disfrutar y apreciar tanto de la naturaleza como de las manifestaciones artísticas y culturales que le rodean.

### COMO HACERLO?

Con qué recursos cuenta la Universidad para alcanzar esos objetivos?

El primero, sobre el cual cae a menudo todo el peso de la labor, es el contenido curricular, lo que se enseña. Yo quiero referirme a otros dos, a mi modo de ver más importantes que son: la metodología, es decir, la



manera como se hacen las cosas, y los profesores, quienes son junto con los estudiantes los protagonistas de esta obra, considero que la formación no es problema de contenido, no es problema de qué se enseña sino de cómo se enseña, de cómo se vive la universidad.

La tarea formadora nos compromete a todos, a estudiantes, profesores, directivos y funcionarios. Son la interacción diaria, el ambiente universitario, las actividades académicas y no académicas que se desarrollan, la cultura institucional, las que van torneando y formando al individuo que se mueve en ese medio. Es esa práctica, que trasluce el concepto que cada institución tiene del individuo, la sociedad y la ciencia, lo que va moldeando y transformando al futuro profesional. Naturalmente ese mundo está cargado de valores, de fines y motivos que impulsan y delimitan nuestra acción y con ella la de los que comparten nuestro espacio vital.

Una descripción de la tarea docente la hallamos en Einstein:

"Lo primero -dice- debería ser siempre desarrollar la capacidad general para el pensamiento y el juicio independientes y no la adquisición de conocimientos especializados. (...) No basta con enseñar a un hombre una especialidad. Aunque esto pueda convertirlo en una especie de máquina útil, no tendrá una personalidad armoniosa y desarrollada. Es esencial



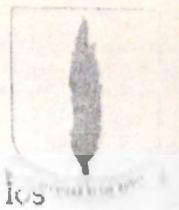
que el estudiante adquiriera una comprensión de los valores y una profunda afinidad hacia ellos. Debe adquirir un vigoroso sentimiento de lo bello y de la buena moral. De otro modo, con la especialización de sus conocimientos más parecerá un perro bien adiestrado que una persona de armonioso desarrollo. Debe aprender las motivaciones de los seres humanos, sus ilusiones y sus sufrimientos, para lograr una relación adecuada con su prójimo y con la comunidad. Estas cosas preciosas se transmiten a las generaciones más jóvenes mediante el contacto personal con los que enseñan, no a través de los libros de texto (no al menos en principio). La enseñanza debería ser de tal naturaleza que lo que se ofreciese se recibiera como un don valioso y no como penoso deber".

Ingredientes básicos de la enseñanza y la libertad.

La tarea es pues, preparar el individuo para participar creativamente en el hacer de un mundo en cambio.

Cuál es el papel de la investigación?

La investigación, como generadora de conocimiento, es motor de desarrollo. Una de las razones que nos separan cada día más de los países avanzados, una de las causas de nuestra dependencia, es el poder que detentan los que "saben más", de ahí la necesidad de acortar las distancias, de impulsar la investigación, de ofrecer programas avanzados que capaciten no sólo para crear sino también para poder decidir acerca



de lo que nos llega de fuera. Es nuestra responsabilidad formar los futuros investigadores del país, reforzar nuestros centros y convertirlos en semilleros. Seguramente, no son muchos los que se aventuran por esa senda, tal vez el país no necesite una multitud de científicos, pero, definitivamente debemos apoyar a aquellos que se arriesguen.

La investigación no se aprende, se vive, es una actitud, no un "método". De ahí la obligación de la Universidad de ofrecer un ambiente, una cultura abierta, propicia más a las preguntas, al debate, y a la búsqueda que al que rumiar ideas de otro. Para conseguir del egresado la actitud científica que lo impulse a esforzarse por conocer, a buscar el saber, los ingredientes básicos son la curiosidad y la libertad.

Los científicos suministran nuevos conocimientos que se van incorporando cada vez más rápido al mundo técnico. De ahí la responsabilidad de que los futuros ingenieros están dotados no sólo de los conocimientos que le dan el lenguaje que les permite comprender esos avances sino de las habilidades para adquirirlos y la actitud abierta que los impulse a buscarlos.

Al lado de la investigación está la actividad de postgrado, para la cual la Universidad colombiana ha alcanzado el grado de madurez necesario que le permite retener tanto los profesores idóneos como los alumnos más brillantes que con tanto esfuerzo y a tan alto costo hemos logrado conseguir.



#### INTRODUCCION

Pero la labor educativa trasciende el ámbito del aula y la razón; debemos mantener un ambiente de discusión, reflexión y controversia donde cada uno respete los puntos de vista de los demás y sólo tenga razón quien logre demostrarlo; debemos proveer un espacio donde las reglas del juego sean claras, donde campeen la honradez, la honestidad, la veracidad, la justicia y las demás virtudes indispensables para vivir en sociedad; debemos ofrecer escenarios y tiempos que le permitan al estudiante extasiarse, soñar y vivir.

No es uniforme el concepto que se tiene en la comunidad universitaria sobre los Ciclos. Para finalizar sólo mediante un clima universitario comprometido con la sociedad, con la cultura, con el valor de nuestras tradiciones y nuestra historia, impregnado de una reflexión constante acerca de nuestros problemas y necesidades pero también de nuestros logros y valores, podemos formar los ciudadanos que esperamos en la Colombia del mañana.

Bogotá, marzo de 1989

12 INTERVENCION DEL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAYERIANA (BTA) ING. MARCO TULLIO ARELLANO.  
"ACUMULACION SUCESIVA VS INTEGRACION PROGRESIVA".

I. INTRODUCCION

Este ensayo se ha elaborado de acuerdo con los objetivos del Primer Foro Preparatorio de la IX Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. Se parte de breve discusión sobre el concepto y función de las llamadas "Ciencias Básicas" en los pensum de ingeniería. Después se analiza cuál debe ser su cobertura y profundidad. Finalmente se explora sobre la metodología de su enseñanza.

No es uniforme el concepto que se tiene en la comunidad universitaria sobre las Ciencias Básicas en cuanto a contenidos y función. En los planes de estudio de ingeniería se tiende a asimilarlas a las matemáticas y física. Su función normalmente aceptada, es la de dar fundamento o bases científicas al ingeniero. Por ello se ubican predominantemente en los primeros semestres de las carreras, concebidas como un arreglo piramidal de asignaturas que se apoyan sobre una "sólida fundación de Ciencias Básicas". Está tan generalizada esta concepción que se piensa y trabaja insistentemente en la unificación del "ciclo básico" para las ingenierías.

Cubren las ciencias básicas, como queda dicho, especialmente las matemáticas y la física con variaciones en su profundidad o calado, según la carrera de que se trate. Acordémonos que hoy existen más de 30 diferentes ingenierías en el país. Son diferentes en cobertura y profundidad las "ciencias básicas" que fundamentan a unos y a otros ingenieros. Sin embargo se habla de hacer un ciclo o por lo menos asignatu

ras comunes a todos los ingenieros. Esto es contradictorio y equivocado, conduce a la masificación de la enseñanza durante los primeros períodos académicos dedicados a "ciencias básicas" que se han convertido en un filtro, en un tamiz, al cual se le pretende asignar la función de depurar y seleccionar tempranamente los futuros profesionales universitarios. Esto se ha convertido en una injusta, excluyente, y antipedagógica concepción de la excelencia académica, responsable de la mayor parte de la deserción estudiantil.

Los métodos de enseñanza de las "ciencias básicas" siguen arrojando resultados lentadores. No solo se observan serias fallas en el proceso enseñanza-aprendizaje sino que al contrario de los que se espera, el estudiante no adquiere la sólida formación básica que se pretende darle al principio de su carrera. Por el contrario, la concentración de "Ciencias Básicas" en los primeros períodos académicos, desanima y confunde al estudiante que espera entrar en contacto con su profesión lo antes posible. Su mismo sentido de pertenencia a su carrera, a su facultad, pierde vigencia ante la dependencia que se le crea de otras unidades académicas, de otros departamentos universitarios, distintos a los de su carrera, hasta que termina las "Ciencias Básicas".

## 2. FORMACION EN CIENCIAS BASICAS VS. FORMACION BASICA

Se menciona en el capítulo anterior que los planes de estudio de las carreras de Ingeniería se conciben como una pirámide de asignaturas. Su base la constituyen las "Ciencias Básicas". Sobre esta se apoyan las asignaturas pertenecientes a la "Tercera

logía básica" y la cúspide la conforma la "tecnología aplicada".

En definitiva el sistema imperante de planeación curricular no genera los planes conducentes a la deseable formación profesional de los ingenieros. Este es el resultado de un sistema carente de principios claros, que tradicionalmente se ha ocupado más de la forma de los pensum que de la función de sus asignaturas, que no identifica clara y explícitamente las áreas de competencia profesional, es decir las materias con las cuales el ingeniero "opera profesionalmente", que asimila equivocada y sistemáticamente las llamadas ciencias básicas a la formación básica del profesional.

Muchas veces, dentro de una perspectiva curricular, por ciencias básicas se entienden aquellas ciencias "teóricas" que sirven "de base" a las ciencias "aplicadas" o , como diría el ICFES, aquellas que sirven de "fundamentación" a las técnicas u operadoras.

Y no pocas veces, se oye en boca de académicos y de administradores de la educación definir las ciencias básicas, como "las asignaturas más importantes" de una carrera.

Estas y otras definiciones de ciencias básicas, se prestan para una dilatada polémica.

Por qué las ciencias humanas, que tienen por objeto al hombre no son "básicas"?

Y son "básicas" sólo las ciencias que "explican" los fenómenos que tratan las asigna

turas propiamente operativas, como la mecánica de fluidos que serviría para entender científicamente el uso del ariete? Dónde quedan recluidas aquellas que están en función de la "formación integral del hombre" que es compromiso moral y legal de la educación profesional? Y si por ciencias básicas se entienden las asignaturas más importantes en un plan curricular, las otras son menos importantes o no lo son en absoluto, lo que implica hacer perder tiempo a los estudiantes con estas últimas.

En un plan curricular hay materias o conjuntos de asignaturas, que pertenecen a lo que en alemán se llama la "bildung", y otras, a lo que se llama "ausbildung". La bildung en la formación que va al hombre, tiene por objeto la persona humana. No desarrolla solamente el homo sapiens, es decir sólo el saber teórico del hombre, sino que abarca la persona en su integralidad: intelecto, actitudes, valores, trascendencia. La ausbildung se refiere a aquella formación que capacita al hombre en su quehacer profesional. Si se quiere, forma el homo faber.

En una carrera, no es importante teóricamente saber si una asignatura corresponde a una ciencia básica o no. Metodológicamente puede ser relevante, según implique una dosis de teoría o de cátedra magistral, o implique una mayor dosis de aplicaciones prácticas. Lo importante es la función de su contenido. Este tipo de análisis es el que menos se hace.

Para evitar polémicas y por claridad de conceptos, es preferible hablar de "formación básica", en lugar de "formación en ciencias básicas". Esto orienta la discusión.

sión, induce a analizar lo verdaderamente importante y de fondo, la formación de la persona y no exclusivamente de particularismos alrededor de las matemáticas, la física, o la química que son las asignaturas que generalmente se consideran básicas en un plan de estudios de ingeniería.

### 3. COBERTURA Y PROFUNDIDAD

Entendamos pues, por ciencias básicas, aquel conjunto de materias orientadas a la bildung, es decir a la formación integral de la persona del ingeniero. Esta es su cobertura.

Subrayemos lo de "ingeniero" y no lo de cualquier otro profesional. La formación integral de la persona, no debe pretender ser una formación totalmente genérica.

Debe estar orientada por supuesto, a formar al ingeniero en sus habilidades tecno - científicas pero primordialmente al ingeniero como sujeto, como persona que actua rá en la vida como ingeniero. La formación integral de la persona del médico, como la del sacerdote o la del maestro, es la formación de un hombre que se identifica con la profesión y que realizará su proyecto humano a través de su vocación profesional.

De ahí que por ciencias básicas debemos entender aquellas materias que están en función de ..., que sirven para :

- a) Formar el pensamiento,
- b) Comunicar el pensamiento,
- c) Ubicar al individuo en el espacio y en el tiempo,
- d) Orientar el ámbito científico de la profesión, en relación con los otros ámbitos afines, y
- e) Estructurar el Ser.

Identificadas las cinco funciones de la formación básica, cualquier asignatura cuyo contenido se ubique dentro de una materia que obedece a una de las funciones anteriores, sería una asignatura de ciencia básica.

El problema no es discutir si la matemática que debe dictarse en ingeniería tiene que apelar a la teoría de los conjuntos y a la lógica matemática. Lo importante es saber cuáles son las materias básicas que tienen la función de formar al "hombre" profesional y precisar aquellas materias que son operadoras profesionales, específicas o complementarias, o sea las que integran las áreas de su "formación técnica" y de su "formación práctica". Es ese el trabajo de precisión, de claridad, que hace falta al plan de estudios. Estructurar un plan de estudios es funcionalizarlo, en su conjunto, en sus etapas y en sus unidades. Lo anterior implica eliminar lo superfluo, ubicar en su sitio lo que no tiene sitio, y sobre todo "dosificar", etapa por etapa, lo básico con lo operativo y lo práctico, para así ir conformando un perfil profesional y ocupacional en forma progresiva, que contemple a la vez necesidades reales del país. Esta es la integración progresiva de conocimientos.

#### 4. METODOLOGIA

Nuestros ingenieros, al egresar, no exhiben un nivel de competencia e idoneidad profesional acorde con la duración de sus estudios, ni con el abultado número de asignaturas cursadas. Tienen que salir a practicar, a integrar conocimientos, a desarrollar juicio profesional, a completar la formación que la universidad ha debido y podido impartir. Esta es una falla, una mala consecuencia de la metodología de la enseñanza derivada de un sistema de "acumulación sucesiva de conocimientos" que caracteriza los planes de estudio tradicionales.

Dentro de la perspectiva anteriormente enunciada de integración progresiva, frente a la acumulación sucesiva, cabe proponer ahora algunos criterios de planeación curricular que permiten diseñar los pensum para la formación profesional universitaria.

- a. **Áreas de formación.** La educación profesional se centra en tres áreas de formación: i) formación básica ii) formación tecnológica operadora profesional específica y la complementaria, y iii) formación práctica profesional.
- b. **Materias.** Se deben identificar las materias, conjuntos de asignaturas, que integran cada una de las áreas de formación, así: i) en el área de formación básica, las ya enunciadas y que se repiten a continuación y cuyas funciones son: Formar el pensamiento, Comunicar el pensamiento, Ubicar al individuo en el tiempo y en el espacio, Orientar el ámbito científico de la profesión en relación con los otros ámbitos afines y Estructurar el Ser. ii) en el área de la formación tecnológica ope

radora profesional, se imparte la docencia que hace competencia al ingeniero en los campos propios de su carrera tanto en lo específico de su ejercicio profesional como en lo complementario. Así, por ejemplo, un ingeniero civil recibirá instrucción y desarrollará capacidad de desempeñarse en materias como hidrotecnia, geotecnia, vías y estructuras. Se le preparará además en materias técnicas complementarias, como sistemas y administración, que sin ser específicas del ingeniero civil, si son materias con las cuales opera complementaria y permanentemente. iii) en el área de formación práctica profesional se comple-

menta experimentalmente la cátedra teórica y se ubican aquellas asignaturas que pedagógicamente requieren una mayor dosis de aplicaciones prácticas y se agrupan en tres materias: Básicas, Específicas y Complementarias.

- c. Relaciones sincrónicas o integración horizontal del plan de estudio. La oferta de asignaturas de diferentes materias, para ser cursadas dentro del mismo período académico, requiere programarlas de tal manera que el estudiante capte fácilmente las interacciones entre sus contenidos.

Es necesario que el currículo ofrezca asignaturas para cada período académico, que pertenezcan o estén distribuidas en todas las áreas de formación, pero, relacionadas de manera que despierten en el estudiante el mismo grado de interés, al entender y sentir la necesidad particular e integral de cada una de ellas en su propio proceso personal de formación profesional.

De ésta manera el estudiante se forma simultánea y armónicamente en lo básico, lo técnico y lo práctico.

**d. Relaciones diacrónicas o integración vertical del plan de estudio.** El plan de

estudio debe presentar una secuencia lógica y coherente, entre los contenidos de períodos académicos subsiguientes. Imaginense las asignaturas de cada materia, ordenadas de lo más simple a lo más complejo, formando nervaduras a semejanza de la urdimbre de un telar. La urdimbre es lo esencial del tejido.

Las materias deben ofrecer lo esencial para el profesional en formación. La urdimbre da continuidad... y el proceso de aprendizaje es una secuencia.

En las relaciones diacrónicas se descubren los prerrequisitos entre asignaturas de la misma materia, como en las sincrónicas los correquisitos entre las diferentes áreas.

Así como la trama le dá cuerpo y forma al tejido, las relaciones sincrónicas son la expresión de la integración e interdisciplinarietà del currícul.

**e. La dosificación.** El proceso de aprendizaje debe ir de lo simple a lo complejo, de la experimentación a la reflexión, de lo conocido a lo desconocido, de la técnica adoptada a la tecnología autóctona, de los principios a lo conceptual, de la observación a la investigación y en fin, del estudio dirigido al discernimien

to autónomo. Parte de la estrategia pedagógica, que todo esto implica, radica en impartir dosis equilibradas de conocimiento en cada una de las áreas, en cada período académico.

Imagínese ahora una presentación en forma rectangular, donde en las líneas se acomodan los períodos académicos empezando por el primero y más elemental, en la parte inferior. En las columnas se colocan las materias, empezando por la del área básica en el extremo izquierdo y las del área práctica en el derecho.

Trácese ahora, la diagonal que parte del ángulo inferior izquierdo. Se forman dos triángulos rectángulos. Las asignaturas de mayor contenido experimental práctico deben ubicarse dentro del triángulo inferior y las que mayor reflexión exigen, en el superior. El resultado será un currículo bien dosificado.

f. **Calificación profesional.** El país necesita profesionales conceptuales, calificados. Necesita contar con ellos tan pronto egresan del sistema de educación

superior, en cualquiera de sus modalidades, sin tener que someterlos a entrenamiento a expensas de tiempo de servicio en niveles inferiores de ejercicio profesional. Niveles inferiores a aquellos para los cuales supuestamente han sido formados los profesionales, son los que desempeñados durante algunos años e dando la calificación deseada, mal llamada "experiencia".

La formación profesional calificada no se logra mediante un mosaico de asignaturas: algunas de ellas introducidas caprichosamente en el pensum o al am-

de situaciones coyunturales, que adquieren unidad solamente al culminar la ca  
 rra. No, por el contrario, el profesional debe recibir una formación que le  
 permita ejercer de inmediato, al terminar cada uno de los ciclos de su carrera.

Esto se consigue si durante su formación ha sido entrenado, se ha hecho idóneo en

las técnicas que definen su carrera y que le permiten "operar" profesionalmente a  
 su nivel.

## 6. COMENTARIOS FINALES

Cómo lo veo ahora, después de tantos años, nuestros planes de estudio obedecen a un  
 sistema de "acumulación sucesiva de conocimientos" se habla de unos esquemas o es-  
 tructuras piramidales, en cuya base se acomodan las llamadas ciencias básicas, que  
 sirven de "fundamentación científica" de lo operativo del profesional, que sería en  
 parte la "tecnología básica" la cual se estratifica y hace reposar sobre la infraestruc-  
 tura anterior que actúa a manera de cimentación portante de esta superestructura.

Vienen a continuación unas "tecnologías aplicadas" que llenan el ápice de la pirámi-  
 de y que se podrían equiparar a los acabados de ese tan delicado edificio que preten-  
 demos construir, el ingeniero profesional universitario. Pero, que a diferencia de lo  
 que con los acabados se logra en la construcción de una casa, aquí en el pensum de  
 ingeniería no consiguen integrar ni armonizar el conjunto.

Es decir, el profesional universitario, después de tan largo y tedioso proceso de cinco  
 años de preparación, sólo ha conseguido acumular conocimientos, pero no se ha forma

do, en el sentido integral de la palabra. Es un egresado que no cumple con el objetivo del plan de estudios, cual es "formar un ingeniero con juicio profesional, calificado e idóneo, que afronte con creatividad el manejo de situaciones nuevas, capaz de desempeñarse en estadios que trasciendan los de la simple técnica" .

Este sistema que les propongo, consulta en su esencia el orden natural y así lo expresa en sus principios y lo aplica en el diseño curricular, teniendo en cuenta el proceso de crecimiento y desarrollo de la persona humana que, simultánea y armónicamente madura en su psiquis y en sus funciones operativas y matrices. En su mismo enunciado "integración progresiva" casi se autoexplica. Se basa en reestructurar y ordenar los contenidos curriculares de manera que lo básico formativo, lo técnico profesional operativo y la práctica profesional, se impartan en lógica secuencia, con la debida simultaneidad y dosificación, y con las asignaturas encadenadas a través de sus relaciones sincrónicas y diacrónicas. Así, sin contrariar los procesos naturales, el profesional se forma y desarrolla armónicamente en su intelecto, ética, comunicación, fundamentación científica, operación profesional y práctica de la ingeniería.

Un pensum de esta naturaleza integra los conocimientos y forma progresivamente al ingeniero, a través de claros ciclos de formación universitaria articulados entre sí, dándole unidad al sistema de educación superior. Cada ciclo confiere la idoneidad y competencia propias de su momento, dentro de una carrera que los concatena a todos.

A veces puede parecer que una formación integrada y progresiva haga surgir un profesional a final, como la suma de pedazos sueltos. Interpretación acomodaticamente equivocada, que pretende negar la naturaleza integrada y progresiva del hombre, que va madurando psico-somáticamente por etapas y pretende en cambio defender que es normal hipertrofiar en los comienzos la cabeza con teorías y luego complementar el cuerpo y darle extremidades motoras con tecnologías operadoras. Dosificar las asignaturas formativas básicas con aquellas que son técnicas operativas y con las prácticas, es el reto al cual hay que responder. Es un reto que exige identificar las etapas previas de formación de un ingeniero y su respectivo quehacer profesional. No hay que imponer que no existen etapas en la formación de un general! Y si sabemos que para llegar a ser general, se pasa primero por el grado de sub-teniente y teniente, con funciones específicas, y luego por el de capitán o de mayor o de coronel, cada uno con ámbito de tareas y funciones precisas que se articulan hasta su culminación. Por qué sostener que el ejercicio de la ingeniería no admite etapas inferiores y sucesivas de formación y capacitación profesional y que la carrera de un ingeniero es la de una academia cerrada donde se entra bachiller y se sale de ingeniero? O no se sale de nada! Soldado o general!

Una vez precisadas las etapas de formación de un ingeniero, hay que integrar el pensamiento en función de esa etapa respectiva de formación, que a su vez está integrada verticalmente con las superiores hasta formar el conjunto propio y definitivo del profesional en ingeniería.

Esa integración y su respectiva dosificación indicarán la llamada cobertura : el alcance cualitativo y cuantitativo de las asignaturas !

A continuación encuentran ustedes y para terminar, dos planes de estudio de ingeniería civil, prácticamente iguales en sus contenidos pero uno que obedece al tradicional tema de acumulación sucesiva y el otro al propuesto de integración progresiva. Les invito a compararlos y a reflexionar !



Periodo Académico	FORMACION BASICA					FORMACION TECNOLOGICA PROFESIONAL						FORMACION PRACTICA PROF.		
	Est. Pens.	Com. Pens.	Ubic. T y E.	Est. Ser	Orient. Prof.	ESPECIFICA			COMPLEMENTARIA			básica	Especif.	Compl.
						Hidrotec.	Geotec.	Estruct. Const.	Vías Transp.	Sistemas	Admon.			
X			Geopol.	Etica	Ing. Ambtal.		Electiva	Electiva		Control Proyec. Invest. Cp	Eval. Proyec.		Proyec. Grado	
IX	Ec. Difres.	Metod. Invest.				Electiva	Mec. Rocas	Concreto II	Ing. Trafic.		I. Legal A. Fin.		Consult. Univers.	
VIII				Antrop. Filos. Básica	Termo.	Est. Hid. Trat. Agua	Mec. Suelos Apli c.	Anal. Est. II	Electiva		Econom.	Taller Conoc.	Ing. Amb.	
VII	Cálculo III		Problem. Colomb.		Hidrolog. Química	Acued. y Alcant.		Concreto I	Diseño Pvtos.				Pavimen.	Construc. Presup.
VI				Doc. Soc. Cristiana	Física III	Hidráulica II	Diseño Fundac.	Anal. Est. I		Comput. II			Hidráulica	
V	Cálculo II				Dinámica	Hidráulica I	Mec. Suelos		Diseño Vías		Maq. Construc.		Suelos	Fotogram.
IV	Algebra Lineal			Cristolog.	Geología	Mec. Fluidos		Mec. Matrls		Estática			Concreto Resis. Mat	
III					Física II		Introd. Geotec.		Introd. Vías	Comput. I			Instalac.	
II	Cálculo I	Geom. Descrip.			Física I	Introd. Hidrotec.		Introd. Estruct.					Topog. Matrls Construc.	
I	Geom. Analit.		Introd. Ingenier.	Proped. Fé						Program.	Contab.	Lib. Lineal Exp. O. E.		

**13 INTERVENCION DEL DR. OMAR DIAZ S, PROFESOR DE FISICA EN EL PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE. "EL PAPEL DE LA HISTORIA EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA".**

**INTRODUCCION**

Este trabajo tiene como objeto examinar la importancia que posee la historia de las ciencias y de manera particular la historia de la mecánica en la enseñanza de la física. La discusión sobre este tópicó ha venido adquiriendo cada día mayor importancia en el sector educativo; administradores de la educación, docentes y estudiantes se interesan al respecto. En los planes de estudio de diversas universidades del país, o a través de seminarios, se discute la relación entre la historia de las ciencias y la enseñanza de las mismas.

La historia de las ciencias no es un pasado muerto, lo que aconteció, o simple conocimiento erudito. Tampoco un recipiente de anécdotas irrelevantes o la sucesión de ilustres héroes—al estilo de los héroes de Carlyle— en el decurso del tiempo. La historia la ciencia - dice Lucien Febvre - está lejos de constituir un lúgubre y polvoriento conservatorio de teorías muertas y explicaciones caducas; al contrario, representa un capítulo vivo en la historia general del pensamiento humano; señala en definitiva, la adaptación del espíritu a las cosas y de posesión del medio por el hombre.(1)

Los textos para la enseñanza de la física tanto a nivel secundario como universitario introducen la historia de esta ciencia, pero casi siempre lo hacen por medio de anécdotas o pequeñas notas biográficas de los grandes científicos - Galileo, Newton, Einstein por ejemplo - que contribuyeron al desarrollo de esta rama del saber. Anécdotas en muchas ocasiones falsas: Galileo y la Torre inclinada de Pisa<sup>(2)</sup>. Esta manera de ver la historia no contribuye a la aprehensión de los conceptos y las teorías de la ciencia física. Genera la idea de que la historia es una disciplina puramente descriptiva, acumulativa y lineal. Se pierde el sentido de la evolución, del proceso de cambio de las ideas científicas, sus métodos y sus técnicas. La

ciencia aparece como el resultado de un aumento del conocimiento sin dicultades. Se olvida, en los textos para la enseñanza de la física que ta rama del saber se erigió en y a través de los errores, equivocaciones de un Galileo, Descartes, Newton. Con mucha razón y sentido Thomas Kuhn llama la atención sobre el papel de los libros de texto, en tanto su misión o finalidad es la de enseñar rápidamente lo que la comunidad científica cree conocer, tratan de teorías y conceptos separadamente y uno por uno. Esas enseñanzas hacen invisibles los cambios operados en el transcurso del desarrollo científico. (3)

Se desea insistir sobre la importancia de la historia en el enriquecimiento de nuestros cursos, de nuestros currículos y de la actualización y capacitación de los docentes en los diferentes niveles. De ninguna manera se pretende que los docentes enseñen historia de la ciencia. Pero la historia de la física le puede servir a los docentes en el proceso enseñanza-aprendizaje para lograr que los estudiantes asimilen la física que les enseñamos.

Para examinar la relevancia de la historia de la física en la enseñanza de esta ciencia, se estudiará un caso muy conocido: se trata de la estructuración de la Cinemática Galileana.

#### GALILEO Y EL MOVIMIENTO NATURALMENTE ACELERADO.

Galileo Galilei ( 1564-1642) investiga el " movimiento acelerado que brinda la naturaleza " en su libro Consideraciones y Demostraciones Matemáticas sobre dos nuevas Ciencias ( Discorsie Dimostrazioni Matematiche intorno a due nuove Scienze ) publicado en 1638, cuatro años antes de su muerte y conocido generalmente como DOS NUEVAS CIENCIAS.

Galileo Galilei aboca primero el estudio de la resistencia de los sólidos y el problema de su cohesión, ésta es la primera ciencia. Luego estudia el movimiento local, es decir, la Cinemática, que corresponde a su segunda ciencia.

Expongamos, ahora, una ciencia nueva acerca de un tema muy antiguo. No hay, tal vez, en la naturaleza nada más viejo que el movimiento y no faltan libros voluminosos sobre tal asunto, escritos por los filósofos. A pesar de todo esto, muchas de sus pro-

sin difi-  
ca que es-  
caciones  
mas Kuhn  
to su fun-  
d cineti-  
no por un  
curso de

iedades, muy dignas de conocerse, no han sido observadas ni de-  
mostradas hasta el momento. Se suelen poner de manifiesto al-  
gunas más inmediatas, como la que se refiere, por ejemplo, al  
movimiento natural ( *naturalem motum* ) de los cuerpos que al  
descender se aceleran continuamente, pero no se ha demostrado  
hasta el momento la proporción según la cual tiene lugar tal  
aceleración. (4)

quecimi  
y capac  
era se pre-  
historia  
a-aprend  
ñamos.

En la jornada tercera de DOS NUEVAS CIENCIAS el sabio Florentino aborda el  
problema. El texto se desarrolla como es de conocimiento a través del diá-  
logo. Son tres personajes: Simplicio que encarna el conocimiento científi-  
co vigente en su época, en su mayor parte aristotélico; Salviati que simbo-  
liza el conocimiento nuevo y revolucionario y representa a Galileo, y un  
tercero en discordia, desprevenido y deseoso de conocer la ciencia la mecá-  
nica, llamado SAGREDO.

nseñanza  
estructura

Una característica importante del trabajo de Galileo es el hecho de que las  
demostraciones las realiza utilizando el razonamiento geométrico. Con esta  
forma de razonamiento lógico Galileo patentiza de manera clara su tesis de  
que la naturaleza está escrita en caracteres geométricos<sup>(5)</sup>. Galileo cono-  
cía a profundidad la geometría Euclideana, sin embargo del algebra no se pue-  
de afirmar lo mismo. Con Galileo nos encontramos ante la majestuosidad del  
razonamiento geométrico para estructurar la ciencia del movimiento local.

lo que nos  
ones Matem-  
ematiche  
tes de su

Las leyes que descubre Galileo y que aparecen sistematizados en DOS NUEVAS  
CIENCIAS significaron un profundo avance en la comprensión de la naturaleza.  
No brotaron de su mente como Minerva de la de Júpiter. Cubrieron un proceso  
de maduración, de ensayo y de error que podemos rastrear históricamente des-  
de 1604.

os sólidos  
jo estudio  
su segun-

### GALILEO GALILEI SE EQUIVOCO. VOLVAMOS LA MIRADA AL PASADO

y anti-  
el mo-  
escri-  
us pro-

La primera evidencia histórica de que Galileo se había orientado en la di-  
rección acertada, en la solución del problema de la caída libre proviene de  
1604. En la famosa carta fechada el 16 de Octubre y dirigida a Paolo Sarpi,  
Galileo examina el problema que desde Pisa en su época juvenil lo perseguía  
como un fantasma y al cual había consagrado el esfuerzo de su pensamiento.

He aquí lo que le escribe Galileo:

Reflexionando sobre los problemas del movimiento, para los cuales, y a fin de demostrar los accidentes por mí observados, me faltaba un principio totalmente indudable que pudiera poner como axioma, he llegado a una proposición que tiene mucho de natural y evidente; y, supuesta esta, demuestro luego todo el resto, en especial que los espacios atravesados por el movimiento natural están en proporción doble del tiempo y que, por consiguiente, los espacios atravesados en tiempos iguales son como los números impares "ab unitate" y las otras cosas. Y el principio es el siguiente: que el móvil natural va aumentando de velocidad en la misma proporción en que se aleja de su punto de partida; por ejemplo, si un grave cae del punto A por la línea ABCD, supongo que el grado de velocidad que tiene en C es al grado de velocidad que tenía en B como la distancia CA es a la distancia BA y así,



por consiguiente, tendrá en D un grado de velocidad mayor que en C en la medida en que la distancia DA es mayor que la distancia CA. (5)

Como se puede observar, Galileo en el año de 1604 consideraba a la velocidad del cuerpo en caída libre proporcional a la distancia recorrida. Ante la pregunta, ¿de qué variable depende la velocidad de un cuerpo que cae desde una altura AD, BD, ó CD? Galileo contesta que la velocidad depende de la altura. Es decir, si se duplica o triplica la altura, la velocidad se duplica o triplica respectivamente. Según el Galileo del 16 de Octubre de 1604 tendremos que:  $\frac{V_C}{V_B} = \frac{CA}{BA}$ , gran equivocación que corrige treinta y cuatro años después.

DESPUES DE MAS DE TRES SIGLOS LA EQUIVOCACION CONTINUA.

Los programas de física comienzan con el estudio de la mecánica. Posee

lógica, pues los conceptos que encontramos en la mecánica aparecen una y otra vez en el desarrollo de la Ciencia Física. Entre los temas de la mecánica, el movimiento uniformemente acelerado o naturalmente acelerado es estudiado con cierto detalle tanto en la secundaria como en la Universidad y se espera que los estudiantes después de finalizar los cursos tengan una comprensión cabal de los conceptos que involucran la caída de los graves. Sin embargo, la situación no es tan halagadora. Después de más de tres siglos continúa la equivocación.

Con el propósito de examinar la equivocación Galileana, hemos logrado explorar a través de una serie de preguntas sobre la caída de los graves, los esquemas de pensamiento de los estudiantes de secundaria y de la Universidad. (7)

El cuestionario tenía 5 preguntas todas relacionadas con la Cinemática de caída libre. Se les pidió a los estudiantes que además de indicar en el test cuál alternativa era la correcta, que explicaran la razón por la cual escogieron tal respuesta.

El cuestionario se aplicó a varios grupos de estudiantes de secundaria de diferentes colegios ( 341 estudiantes en total del grado 11 ) y a varios grupos de estudiantes de quinto semestre de Ingeniería ( 46 estudiantes en total ). Los grupos respondieron voluntariamente y además se les pidió que no firmaran el cuestionario, tampoco se les fijó límite de tiempo para responder el cuestionario.

A continuación transcribimos las primeras tres preguntas del cuestionario. ( Hemos creído que son suficientes para examinar la persistencia en los estudiantes del " error Galileano " ).

1. Un objeto se deja caer de una altura  $H$ . Se puede despreciar la resistencia del aire. La velocidad del objeto:
  - A) Aumenta a medida que cae
  - B) Permanece igual a medida que cae
  - C) Disminuye a medida que cae
  - D) Primero aumenta, después permanece constante
  - E) Aumenta al principio, luego permanece constante y al final disminuye.



Este es el argumento que dan los estudiantes para justificar su respuesta. No es este el mismo argumento que presentó Galileo Galilei en carta fechada el 16 de octubre y dirigida a Paolo Sarpi?

1638: GALILEO SUPERA EL ERROR

En el texto Dos Nuevas Ciencias publicado en 1638, Galileo Galilei supera el error cometido en 1604. Este logro significó un gran avance en la estructuración de la ciencia de la mecánica. Galileo reconoce su pasado:

SAGREDO.- Por lo que veo de momento, me parece que tal vez se podría haber definido el movimiento uniformemente acelerado con mayor claridad, y sin variar el concepto, de la siguiente manera: movimiento uniformemente acelerado es aquel en el cual la velocidad va aumentando en la misma proporción en la que aumenta el espacio que atraviesa; de modo que, por ejemplo, el grado de velocidad adquirido por el móvil en una caída de cuatro codos sería el doble de la que habría adquirido si hubiese caído desde la altura de dos codos y éste, a su vez, el doble del que habría conseguido durante el espacio del primer codo. Y es que me parece que fuera de toda duda que el grave que desciende desde la altura de seis codos y golpea con un impulso ( impeto ) que es el doble del que tendría si hubiese caído desde la altura de tres codos, triple del que tendría si viniese de dos y séxtuple si se tratara de un espacio de un solo codo.

SALVIATI.- Es para mí un consuelo considerable tener un compañero en el error. Más aún, vuestro razonamiento parece tan verosímil y probable que nuestro autor mismo no me negó, cuando se lo propuse que él también había incurrido durante cierto tiempo, en la misma falacia. Lo que más tarde me maravilló de modo especial fué darme cuenta de que dos proposiciones que parecen tan verosímiles ( hasta el punto que, habiéndoselas propuesto a mucha gente, no he encontrado a nadie que no las admitiera sin reticencia ) se muestran, con unas pocas palabras, no sólo como falsas, sino como imposibles.

SIMPLICIO.- A decir verdad, yo me encontraría en el número de aquellos que lo concederían, ya que creo que un grave que cae viues acquirat eundo ( adquiere fuerza mientras desciende ), aumentando su velocidad en proporción al espacio, así como que la intensidad ( momento ) del choque del mismo cuerpo al caer, es doble si viene desde una altura que sea el doble. Estas proposiciones me parece que hay que admitirlas sin ninguna duda o controversia.

SALVIATI.- Son, sin embargo, tan falsas e imposibles como lo es el que el movimiento se realice instantáneamente. Veamos una clara demostración de ésto. Si las velocidades son proporcionales a los espacios atravesados o por atravesar, tales espacios son recorridos en tiempos iguales; en consecuencia, si la velocidad

Este es el argumento que dan los estudiantes para justificar su respuesta. No es este el mismo argumento que presentó Galileo Galilei en carta fechada el 16 de octubre y dirigida a Paolo Sarpi?

1638: GALILEO SUPERA EL ERROR

En el texto Dos Nuevas Ciencias publicado en 1638, Galileo Galilei supera el error cometido en 1604. Este logro significó un gran avance en la estructuración de la ciencia de la mecánica. Galileo reconoce su pasado:

SAGREDO.- Por lo que veo de momento, me parece que tal vez se podría haber definido el movimiento uniformemente acelerado con mayor claridad, y sin variar el concepto, de la siguiente manera: movimiento uniformemente acelerado es aquel en el cual la velocidad va aumentando en la misma proporción en la que aumenta el espacio que atraviesa; de modo que, por ejemplo, el grado de velocidad adquirido por el móvil en una caída de cuatro codos sería el doble de la que habría adquirido si hubiese caído desde la altura de dos codos y éste, a su vez, el doble del que habría conseguido durante el espacio del primer codo. Y es que me parece que fuera de toda duda que el grave que desciende desde la altura de seis codos y golpea con un impulso ( impeto ) que es el doble del que tendría si hubiese caído desde la altura de tres codos, triple del que tendría si viniese de dos y séxtuple si se tratara de un espacio de un solo codo.

SALVIATI.- Es para mí un consuelo considerable tener un compañero en el error. Más aún, vuestro razonamiento parece tan verosímil y probable que nuestro autor mismo no me negó, cuando se lo propuse que él también había incurrido durante cierto tiempo, en la misma falacia. Lo que más tarde me maravilló de modo especial fué darme cuenta de que dos proposiciones que parecen tan verosímiles ( hasta el punto que, habiéndoselas propuesto a mucha gente, no he encontrado a nadie que no las admitiera sin reticencia ) se muestran, con unas pocas palabras, no sólo como falsas, sino como imposibles.

SIMPLICIO.- A decir verdad, yo me encontraría en el número de aquellos que lo concederían, ya que creo que un grave que cae vires acquirat eundo ( adquiere fuerza mientras desciende ), aumentando su velocidad en proporción al espacio, así como que la intensidad ( momento ) del choque del mismo cuerpo al caer, es doble si viene desde una altura que sea el doble. Estas proposiciones me parece que hay que admitirlas sin ninguna duda o controversia.

SALVIATI.- Son, sin embargo, tan falsas e imposibles como lo es el que el movimiento se realice instantáneamente. Veamos una clara demostración de ésto. Si las velocidades son proporcionales a los espacios atravesados o por atravesar, tales espacios son recorridos en tiempos iguales; en consecuencia, si la velocidad

finalista, define la velocidad en términos del lugar de llega del cuerpo en movimiento. Intuitivamente es "natural" expresar la proporcionalidad directa entre la velocidad y el espacio recorrido. Por ejemplo, sea un cuerpo que cae desde una altura  $h$ , llega al suelo con una velocidad  $v$ . Si lo dejamos caer desde una altura el doble, llegará al suelo a una mayor velocidad. Que cosa más "natural" que hacer que esa velocidad dependa del único factor que en los dos casos difiere; la altura de caída o sea el espacio recorrido. "¿Es que la idea de hacer que la velocidad con la que el cuerpo que cae recorre el espacio que atraviesa; dependa no de éste espacio, sino del tiempo que tardará en recorrerlo, del tiempo que, evidentemente está a su vez en función de su velocidad, no parece poco "natural" e incluso sumamente complicada?" (12)

Esta concepción finalista la podemos entender como un preconcepto que se posee e impide que se comprendan los principios fundamentales de la física. Se debe tener en cuenta que muchos alumnos tienen fuertes preconceptos y conceptos erróneos. "Cuando las creencias ingenuas del alumno no son tenidas en cuenta, la instrucción puede servir solo para proveer al alumno con una terminología para expresar sus erróneas creencias." (13) La concepción finalista es un ejemplo, un tipo de preconcepto que lleva al estudiante a que razone de acuerdo a la "evidencia" del sentido común.

En el esfuerzo de matematizar la naturaleza, y en la época de Galileo se traducía en geometrizar la naturaleza - pues antes de Descartes cómo se podrían matematizar las leyes de la naturaleza sino era geometrizándolas - pensar una velocidad dependiendo del espacio era "muy natural", pues, "es más fácil y más natural - ver, es decir, imaginar en el espacio, que pensar en el tiempo." (14)

Pero no solamente nos podemos aproximar a una reflexión sobre el "error Galileano" desde el punto de vista histórico como lo plantea Alexandre Koyre. Al respecto Jean Piaget ha insistido sobre como en la época del pensamiento intuitivo y preoperatorio, el movimiento físico y el movimiento geométrico no están diferenciados entre sí y, que los dos polos están demasiado próximos todavía entre sí para que los distinga el propio sujeto. (15). Tenemos, pues, concepciones que tienen una larga historia en la formación de las estructuras cognoscitivas de la persona.

Si bien en la enseñanza de la física no se utiliza el método geométrico que usó Galileo, el álgebra también "esconde" los aspectos del movimiento acelerado en la naturaleza. La memorización de las ecuaciones algebraicas no significa comprensión de los fenómenos; es una de las grandes dificultades que se deben superar en la enseñanza para lograr que verdaderamente los estudiantes aprendan. Al respecto Jean Piaget nos dice: "Ejerciendo percepción y memoria creo que se reforzará el aspecto figurativo, sin tocar el aspecto operativo. En consecuencia no estoy seguro que esto acelere el desarrollo de las estructuras cognoscitivas. Lo que se necesita reforzar es el aspecto operativo no el análisis de estados sino el entendimiento de las transformaciones." (16)

Otro aspecto que ha podido contribuir a generar el error de Galileo, fue su postulado no causalista.

La renuncia a todo intento de explicación causal. La relación causal colocaba la noción del tiempo en primer plano. Se referían las variables del movimiento, su cambio, al parámetro temporal. El abandono a la explicación causal refuerza la tendencia a matematizar geoméricamente la naturaleza y es consiguiente a la especialización. Su pensamiento se orientaba en un sistema de referencia espacial, no un sistema de referencia causal, dependiente del tiempo. Los trabajos de Galileo descansan sobre una contradicción, pues buscaba una causa constante (ímpetus, gravedad, etc.) para un efecto variable (distintas velocidades durante su caída). "En lugar de pensar en el movimiento, Galileo se lo representa. Ve la línea, el espacio recorrido con una velocidad variable. Y esta línea - trayectoria - es la que toma como argumento de la función velocidad. El esfuerzo de geometrización, sostenido y corroborado por la imaginación y no obstaculizado por el pensamiento causal, rebasa la meta que se había asignado: la meta de la dinámica era materializar el tiempo; ahora bien, Galileo lo elimina. El esfuerzo realizado termina en un fracaso. Fracaso que Galileo no nota al principio." (17)

A diferencia del Galileo de la juventud, el de 1638 define categóricamente su programa de Investigación. No le interesa la causa del movimiento. Su física, no es una física de la causalidad. En la época donde las causas eficientes de Aristóteles; empujes y tracciones, dominaban la explicación de los cambios de la naturaleza, la certeza en conocer algunas de las ca-

racterísticas de las sustancias; cualidades peculiares cuantificables y relacionables en un todo sistemático y, dejar a un lado las esencias irreducibles, de la filosofía Aristotélica, fué el mérito de Galileo.

No me parece éste el momento más oportuno para investigar la causa de la aceleración del movimiento natural y en torno a la cual algunos filósofos han proferido distintas opiniones. Algunos la han explicado por la proximidad al centro; otros, por la disminución de la parte del medio que queda por atravesar; otros, finalmente, por cierta impulsión del medio ambiente, el cual, al volver a cerrarse por detrás del móvil, lo va presionando y proyectando continuamente. Tales fantasías, aparte de otras muchas, habría que ir las examinando y resolviendo con bien poco provecho. (18)

El salto de que la velocidad depende del espacio a la concepción de la dependencia temporal, tiene que ver lógicamente con la comprensión del concepto de velocidad instantánea.

En la comprensión del concepto de velocidad, Galileo tropieza con una "dificultad dialéctica interior" (19), la cual radica en continuar aferrando a la continuidad del espacio. La tesis de que la línea finita contiene una cantidad infinita de partes que la integran; y la tesis, de recurrir a ciertos elementos últimos e indivisibles de los que forman la magnitud constante, la cual quedaría reducida a la nada si no pudiera referirse a ese fundamento primero del ser; lejos de contradecirse la una con la otra se condicionan mutuamente. Pues, "ya el movimiento es de por sí una contradicción; el simple desplazamiento mecánico de lugar sólo puede realizarse gracias al hecho de que un cuerpo esté al mismo tiempo, en el mismo instante, en un lugar y en otro; gracias al hecho de estar y no estar al mismo tiempo en el mismo sitio. Y el surgimiento continuo y la simultánea solución de esta contradicción, es precisamente el movimiento." (20).

El concepto de velocidad instantáneo es uno de los más difíciles en la enseñanza de la Cinemática Galileana. Galileo desarrolló un experimento mental para aclarar dicho concepto y, lograr diferenciarlo con la velocidad promedio. El estudiante se enfrenta con la confusión de que habla Galileo, entre velocidad promedio y la instantánea. Se requiere que el docente insista en problemas que logren generar en el estudiante una ruptura con la concepción Aristotélica de velocidad. De esa manera se contribuirá efecti-

racterísticas de las sustancias; cualidades peculiares cuantificables y relacionables en un todo sistemático y, dejar a un lado las esencias irreducibles, de la filosofía Aristotélica, fué el mérito de Galileo.

No me parece éste el momento más oportuno para investigar la causa de la aceleración del movimiento natural y en torno a la cual algunos filósofos han proferido distintas opiniones. Algunos la han explicado por la proximidad al centro; otros, por la disminución de la parte del medio que queda por atravesar; otros, finalmente, por cierta impulsión del medio ambiente, el cual, al volver a cerrarse por detrás del móvil, lo va presionando y proyectando continuamente. Tales fantasías, aparte de otras muchas, habría que ir las examinando y resolviendo con bien poco provecho. (18)

El salto de que la velocidad depende del espacio a la concepción de la dependencia temporal, tiene que ver lógicamente con la comprensión del concepto de velocidad instantánea.

En la comprensión del concepto de velocidad, Galileo tropieza con una "dificultad dialéctica interior" (19), la cual radica en continuar aferrando a la continuidad del espacio. La tesis de que la línea finita contiene una cantidad infinita de partes que la integran; y la tesis, de recurrir a ciertos elementos últimos e indivisibles de los que forman la magnitud constante, la cual quedaría reducida a la nada si no pudiera referirse a ese fundamento primero del ser; lejos de contradecirse la una con la otra se condicionan mutuamente. Pues, "ya el movimiento es de por sí una contradicción; el simple desplazamiento mecánico de lugar sólo puede realizarse gracias al hecho de que un cuerpo esté al mismo tiempo, en el mismo instante, en un lugar y en otro; gracias al hecho de estar y no estar al mismo tiempo en el mismo sitio. Y el surgimiento continuo y la simultánea solución de esta contradicción, es precisamente el movimiento." (20).

El concepto de velocidad instantáneo es uno de los más difíciles en la enseñanza de la Cinemática Galileana. Galileo desarrolló un experimento mental para aclarar dicho concepto y, lograr diferenciarlo con la velocidad promedio. El estudiante se enfrenta con la confusión de que habla Galileo, entre velocidad promedio y la instantánea. Se requiere que el docente insista en problemas que logren generar en el estudiante una ruptura con la concepción Aristotélica de velocidad. De esa manera se contribuirá efecti-

vamente a que el estudiante aprenda los conceptos fundamentales de la física.

#### IDEAS PARA FINALIZAR

Para finalizar: la investigación pedagógica no trata de producir una respuesta única sobre como se debe enseñar una determinada rama del saber. En la enseñanza de la física y especialmente en la mecánica, podemos encontrar en los textos históricos de Galileo, Newton y Descartes particularmente, una serie de elementos que nos ayudarán a que los estudiantes se les haga agradable la física y la asimilen. La utilización de las dificultades de un Galileo puede contribuir a: desmitificar a los grandes sabios y, mostrar como el conocimiento es un proceso. El estudio de las dos alternativas: la de 1589 y la de 1638 para definir la aceleración de los cuerpos en caída libre ayudará tanto a los docentes como a los alumnos en el proceso enseñanza-aprendizaje de la Cinemática. Es posible que el docente no disponga de tiempo suficiente para entrar en una discusión a fondo de las dos alternativas. Pero sin entrar en los detalles se puede realizar la discusión. " Esto es mejor que simplemente definir la aceleración como  $\frac{\Delta V}{\Delta T}$  y de ahí proceder a deducir una serie de fórmulas que el estudiante memoriza sin comprender." (21)

Se deben proporcionar experiencias concretas que no estén de acuerdo con las preconcepciones de los alumnos para que éstos las analicen y puedan comprender el comportamiento de la naturaleza.

Por otro lado, tenemos ante nosotros la riqueza del diálogo en la enseñanza. Si pudieramos preguntársele a Simplicio y a Sagredo. Otro elemento importante es la utilización del razonamiento geométrico en la enseñanza de la física. Este último aspecto adquiere mayor importancia en tanto la geometría está " olvidada " en la enseñanza de las matemáticas.

Por último, sólo la búsqueda de alternativas experimentales abrirá el camino para lograr un aprendizaje acertado.

NOTAS

1. LUCIEN FEBVRE. Combates por la Historia. Barcelona. Editorial Ariel. 1975, p. 87.
2. ALEXANDRE KOYRE. Galileo y el Experimento de Pisa. A propósito de una Leyenda. Estudios de Historia del Pensamiento Científico. 2edc. Editorial Siglo XXI. 1978. pp. 196-205.
3. THOMAS KUHN. La Estructura de las Revoluciones Científicas. México. Fondo de Cultura Económica. 1980. pp.212-223.
4. GALILEO GALILEI. Consideraciones y Demostraciones Matemáticas sobre dos nuevas Ciencias. Madrid. Editorial Nacional. 1976. p. 265.
5. GALILEO GALILEI. El Ensayador. Madrid ( España ). Ediciones Sarpe. 1984. p. 61.
6. ALEXANDRE KOYRE. Estudios Galileanos. México. Editorial Siglo XXI. 1980. p. 76.
7. En diferentes países se vienen realizando investigaciones que muestran que la enseñanza de la física presenta graves fallas, que tienen que ver con los esquemas de pensamiento de los alumnos.  
Michael McCloskey, Alfonso Caramazza y Bert Green de la Universidad John Hopkins de los Estados Unidos; John Clement en la Universidad de Massachussetts; Cohen, Eylon y Ganiel en Israel; Juan Wesphal en Venezuela; Ramiro Tobón y Alvaro Perea en la Universidad del Valle en Colombia, entre otros.
8. A los estudiantes que se les aplicó el test sobre caída libre que aparece transcrito, se les ha aplicado otro tipo de test donde se les preguntaba sobre problemas operacionales de caída libre. Los resultados fueron relativamente satisfactorios.
9. Respuestas al cuestionario sobre movimiento acelerado en la naturaleza que se ha realizado con el propósito de conocer la permanencia del " error Galileano ".
10. GALILEO GALILEI. Consideraciones y Demostraciones Matemáticas sobre dos nuevas Ciencias. pp. 285-286-287.
11. Ibid, pp. 287-288.
12. ALEXANDRE KOYRE, op.cit pp. 87-88.
13. RAMIRO TOBON - ALVARO PEREA. Problemas Actuales en la Enseñanza de la Física. Cali. Universidad del Valle Facultad de Ciencias. 1984. pp. 31-46.
14. ALEXANDRE KOYRE, op.cit. p. 86.

15. JEAN PIAGET. Introducción a la Epistemología Genética. El Pensamiento Físico. Buenos Aires, Paidós. 1979. pp. 48-55.
16. JEAN PIAGET. Psicología Y Pedagogía. Barcelona ( España ). Ediciones Ariel. pp. 44-46.  

---

Desarrollo y Aprendizaje. Naturaleza, Educación y Ciencia. Número 1. Bogotá. 1982. pp. 5-14.
17. ALEXANDRE KOYRE, op.cit. p. 93.
18. GALILEO GALILEI. Consideraciones y Demostraciones Matemáticas sobre Dos nuevas Ciencias, op.cit. p. 284.
19. CASSIRER E. El Problema del Conocimiento. México. Fondo de Cultura Económica. p. 389. T.I 1979
20. ENGELS F. Anti-Duhring. Colombia. Ediciones Arca de Noé. 1975. pp.146-147.
21. RAMIRO TOBON. Enfoque Histórico en la Enseñanza de la Física. Memoria del Seminario de Historia de las Ciencias. Palmira, Marzo de 1982.

14 INTERVENCION DEL *ING. ALVARO OROZCO L*, DIRECTOR DEL PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE Y PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE. "*CIENCIA, TECNICA Y SOCIEDAD EN LA FORMACION DE UN INGENIERO*".

Frecuentemente nos preguntamos cómo se relacionan la ciencia básica, la ciencia aplicada, la tecnología y la sociedad en la formación de un ingeniero. A continuación se hace un intento para responder esta pregunta, y principalmente se busca llevar estas ideas a la Facultad de Ingeniería, con el objeto de que se amplie el debate sobre el tema.

### LA SOCIEDAD

El fin último de toda actividad del hombre es mejorar su nivel de vida. Toda comunidad tiene una cultura, la cual es compartida por sus miembros. De igual forma tiene necesidades y recursos (físicos y humanos). Para progresar y aumentar la calidad de la vida y la cultura de la comunidad, se educa al ingeniero para que de una manera racional y equilibrada, utilice los recursos de la naturaleza y dé solución a las necesidades. Para esto hay que conocer el ser humano, la sociedad.

La formación como Ingeniero es sólo una etapa de su vida como ser humano.

El Ingeniero ó cualquier profesional es ante todo una persona que dedica un determinado tiempo y esfuerzos para formarse; para hacer progresar a la sociedad, con la cual tiene compromisos, deberes y derechos. He aquí la importancia de las ciencias humanas y sociales en la educación del Ingeniero.

### LA ACTIVIDAD TECNICA

La actividad tecnológica es una actividad natural del hombre. El hombre ha sido técnico tan pronto como apareció sobre la tierra. Sobre la base del conocimiento de la naturaleza que lo rodea, e impulsado por la necesidad, el hombre idea y contruye instrumentos y procedimientos que le ayuden a hacer trabajos que con sus solas fuerzas físicas no podría ejecutar. De esta forma el hombre inventa y produce cosas, por ejemplo máquinas. La actividad técnica tiene un proceso intelectual y otro físico. El hombre utiliza su ingenio, su creatividad para observar la naturaleza. Con

---

\* Ingeniero Mecánico. Director del programa de Ingeniería Mecánica CUAO. Profesor Titular de la Universidad del Valle.

este conocimiento concibe, ensaya y corrige técnicas para transformar y controlar la naturaleza.

El núcleo de la técnica es el invento, pudiendo ser modesto ó complejo, es algo nuevo que no existía antes en el medio donde se produce. La técnica también mejora productos ya existentes o los adecúa a un medio determinado.

Para desarrollar la técnica y construir el producto, es necesario conocer la naturaleza. Es aquí donde aparece la importancia del estudio de la ciencia como paso previo al desarrollo de la técnica. La tecnología o proceso de producción se fundamenta sobre una ó varias ciencias. Por ejemplo, el inventor de la turbina hidráulica se fundamentó en la Física Fundamental (ciencia básica) y especialmente en la ley definida por Leonard Euler, lo cual se estudia dentro de la Mecánica de Fluidos (ciencia aplicada). Luego se procede a la etapa de diseño y construcción (la tecnología) para así fabricar la turbina (producto u objeto).

Todo este desarrollo con un fin: la sociedad, el hombre. El objetivo último no era la máquina (turbina) sino dar energía eléctrica a la sociedad para mejorar su nivel de vida.

### CIENCIA BASICA Y CIENCIA APLICADA

El automóvil es un elemento para el transporte, necesario en la sociedad moderna. Su diseño y construcción es una técnica compleja. Esta no hubiese sido posible sin la mecánica de los sólidos, de los fluidos, de la termodinámica (ciencias aplicadas) las cuales a su vez no existirían sin el desarrollo de la física fundamental y las matemáticas (ciencias básicas o puras). Cuando Newton enunció sus leyes no lo hizo para fabricar automóviles; las enunció para explicar el comportamiento de la materia en la naturaleza. Estas leyes fueron producto de sus observaciones, de su curiosidad. Sin ellas hoy no tendríamos automóviles, ni productos u objetos necesarios para nuestras vidas. La investigación de Newton es un ejemplo de investigación básica, desinteresada. Fué hecha sin buscar una aplicación inmediata. Sus teorías del comportamiento de la naturaleza, encontraron innumerables aplicaciones posteriores. La investigación básica o pura busca conocer el comportamiento de la naturaleza de nuestro mundo, de nosotros mismos.

La ciencia aplicada se apoya en la básica, y busca enriquecer y utilizar una serie de conocimientos ya definidos por la investigación básica. El objetivo de la investigación en ciencias aplicadas no es tan amplio como el desarrollo en las ciencias básicas. En la investigación aplicada se busca profundizar unos aspectos particulares, por ejemplo el investigador hidráulico está interesado en

investigar cómo es el comportamiento del agua dentro de una bomba o turbina hidráulica. Además de esto, también se tiene como meta un aspecto práctico. Al conocer con mayor detalle el comportamiento del agua dentro de la turbina, se pueden definir modelos teóricos que sirvan como base a desarrollos técnicos para diseñar, con mayor eficiencia, la máquina hidráulica.

## EL CURRÍCULO EN INGENIERIA

Con base en lo anterior, podemos decir que en el proceso de formación de un ingeniero deben estar presentes la ciencia básica, la ciencia aplicada, la tecnología y las ciencias sociales y humanas, ó como los denomina el ICFES: campo de fundamentación científica (Ciencia Básica y Aplicada), campo de formación profesional específica (la Tecnología) y campo de formación social - humanística. Todos estos campos están ligados. La pregunta es: Qué es lo que determina qué tanto por ciento de un conocimiento o del otro? La ley 80 de 1980 que rige la educación superior, indica que "la formación Universitaria se caracteriza por su amplio contenido social y humanístico y por su énfasis en la fundamentación científica e investigativa", pero no cuantifica qué valor de cada uno de los campos.

En la mayoría de los programas de Ingeniería en Colombia, el campo de las ciencias Básicas, y Aplicadas está entre 40 y 50%, el profesional específico entre 35% y el 40%, el de formación social-humanística entre 10% y el 15%. Estos porcentajes están bien? Cómo se definieron? Cómo están relacionadas entre sí, sus objetivos?

El currículo, el cual no es solamente la parte formal del programa de cursos, es un conjunto de experiencias de aprendizaje que forman (no sólo capacitan) a una persona en una determinada profesión. Ese conjunto de experiencias tienen que ver con los métodos de enseñanza con el ambiente académico, con los recursos de la institución y en general con todo el contexto socio - cultural del país. No solamente es importante el peso de cada uno de los campos sino los aspectos pedagógicos y ambientales del proceso de formación. De igual forma la interrelación de los objetivos entre los campos de formación durante toda la carrera.

En Ingeniería Mecánica por ejemplo, la tecnología del diseño y construcción de máquinas es lo central en la formación del estudiante. Esto lo distingue de otro profesional. Las técnicas (o procesos de producción) para el diseño y construcción de maquinaria es el elemento central (no el único) que determina cualitativa y cuantitativamente el aporte de *la ciencia (básica y aplicada)*

investigar cómo es el comportamiento del agua dentro de una bomba o turbina hidráulica. Además de esto, también se tiene como meta un aspecto práctico. Al conocer con mayor detalle el comportamiento del agua dentro de la turbina, se pueden definir modelos teóricos que sirvan como base a desarrollos técnicos para diseñar, con mayor eficiencia, la máquina hidráulica.

## EL CURRÍCULO EN INGENIERIA

Con base en lo anterior, podemos decir que en el proceso de formación de un ingeniero deben estar presentes la ciencia básica, la ciencia aplicada, la tecnología y las ciencias sociales y humanas, ó como los denomina el ICFES: campo de fundamentación científica (Ciencia Básica y Aplicada), campo de formación profesional específica (la Tecnología) y campo de formación social - humanística. Todos estos campos están ligados. La pregunta es: Qué es lo que determina qué tanto por ciento de un conocimiento o del otro? La ley 80 de 1980 que rige la educación superior, indica que "la formación Universitaria se caracteriza por su amplio contenido social y humanístico y por su énfasis en la fundamentación científica e investigativa", pero no cuantifica qué valor de cada uno de los campos.

En la mayoría de los programas de Ingeniería en Colombia, el campo de las ciencias Básicas, y Aplicadas está entre 40 y 50%, el profesional específico entre 35% y el 40%, el de formación social-humanística entre 10% y el 15%. Estos porcentajes están bien? Cómo se definieron? Cómo están relacionadas entre sí, sus objetivos?

El currículo, el cual no es solamente la parte formal del programa de cursos, es un conjunto de experiencias de aprendizaje que forman (no sólo capacitan) a una persona en una determinada profesión. Ese conjunto de experiencias tienen que ver con los métodos de enseñanza con el ambiente académico, con los recursos de la institución y en general con todo el contexto socio - cultural del país. No solamente es importante el peso de cada uno de los campos sino los aspectos pedagógicos y ambientales del proceso de formación. De igual forma la interrelación de los objetivos entre los campos de formación durante toda la carrera.

En Ingeniería Mecánica por ejemplo, la tecnología del diseño y construcción de máquinas es lo central en la formación del estudiante. Esto lo distingue de otro profesional. Las técnicas (o procesos de producción) para el diseño y construcción de maquinaria es el elemento central (no el único) que determina cualitativa y cuantitativamente el aporte de la ciencia (básica y aplicada), de lo social - humanístico y la técnica dentro del currículo del Ingeniero Mecánico.

Otro elemento determinante es el hecho que el estudiante debe entender que él transforma y controla la naturaleza para él y para su hábitat, por lo tanto no debe dañar el medio ambiente. Igualmente debe tener claro la importancia de su formación con relación al desarrollo de su comunidad.

De igual forma debemos tener claro que la Ingeniería es un arte (manera de hacer las cosas siguiendo una reglas), y que es una actividad integrada de todos los componentes mencionados. Es el uso de principios (ciencias) y técnicas para crear el modelo de un proceso o de una máquina, para luego concretarlo en el desarrollo del objeto real que necesita la sociedad.

El ingeniero debe tener la capacidad de reunir y seleccionar, los principios, métodos y técnicas (saber sintetizar), para idear la solución de un problema, problema que generalmente es un todo. Es necesario que en su formación ejecute actividades integradoras de los campos de formación; actividades que deben ser problemas reales del ser humano. Ejemplos, pueden ser: producción de energía con centrales hidráulicas, vivienda para sectores rurales, etc.

Hemos mencionado que las Ciencias básicas (matemáticas, física, química, biología) son determinantes en la formación del ingeniero. No puede educarse un ingeniero sin las ciencias básicas, pero un ingeniero no es un matemático, ni es un físico. No se puede aprender matemáticas en ingeniería, como lo requiere aprender un matemático, por tanto las metodologías de la enseñanza-aprendizaje y los alcances y objetivos de los contenidos deben ser diferentes.

Se ha definido que la ingeniería es un arte, que se fundamenta en las Ciencias, para definir una serie de técnicas para solucionar problemas del hombre. Las bases de la ingeniería son las Ciencias básicas, sin estas no puede existir, pero la ingeniería no son esas bases, coincido con el profesor, de la Universidad Nacional, Jorge Sanchez Gomez, que dice: "La ingeniería es una actividad profundamente humana, una capacidad de hacer las cosas del hombre, y en ese sentido está mucho más cerca de las artes y de las humanidades que de las matemáticas, aun cuando sin ellas no pueda existir".

## CONCLUSIONES

El currículo de los programas de Ingeniería debe tomar en cuenta el objetivo fundamental de los profesionales que en ellos se forman. Su capacitación es para aumentar la calidad de vida de la sociedad, esta es su función.

La ingeniería no es un agregado formal de sus componentes.

Es una actividad integrada de ellos. Las Ciencias enseñan los principios, para crear las técnicas que llevan a una solución de un problema. La cobertura, en los programas de Ingeniería, de lo científico, de lo técnico y de lo social-humanístico, depende de su elemento central en la formación: las técnicas propias de la Ingeniería respectiva.

La metodología de la enseñanza de todos los elementos de la formación de un ingeniero, debe hacer más énfasis en lo conceptual, en el uso creativo de los fundamentos, que en el uso de algoritmos para resolver los problemas.

Es necesario de definir problemas reales del medio, para que el estudiante practique la ingeniería, desde el inicio de su formación, experimentando el uso integrado de todas las partes del currículo.

#### BIBLIOGRAFIA

BUNGE, Mario. Ciencia Básica. Ciencia Aplicada, Técnica y Producción; Diferencia y Relaciones. Revista Ciencia y Sociedad. Vol. IX, No.2 Mayo - Agosto 1984. República Dominicana.

EL TIEMPO. La U. Un ghetto? Debate de Rectores Universitarios sobre el divorcio entre la Universidad y la Sociedad. El tiempo, Enero 24 de 1988. Bogotá.

GUTIERREZ, Delmar. Proposición de Políticas Curricular y objetivos de Programas de Postgrado en Relación con la Ley y la Estructura del Sistema de Educación Superior. Cali, Universidad del Valle, Octubre de 1987

GRANJA, Dulce Ma. Esbozo de un enfoque humanístico y Cristiano de la Técnica, revista de Filosofía. Año XVI, No.47 - 48, Mayo - Diciembre 1983. Universidad Ibero-Americana. México.

MARULANDA, Johanio. Sistematización del Currículo. Cali Universidad del Valle, Julio de 1980

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Decreto No.80 de 1980, por el cual se organiza el sistema de educación Post-Secundaria. Enero 22 de 1980. Bogotá.

SANCHEZ, Jorge. Elementos propios de la Profesión en los Currículos de Ingeniería. Diciembre de 1987

**15 INTERVENCION DEL ING. DELMAR GUTIERREZ R, PROFESOR DEL DEPARTAMENTO DE MECANICA DE SOLIDOS Y MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE "UN ANALISIS CONCEPTUAL DE LA FORMACION DEL INGENIERO EN CIENCIAS BASICAS".**

**CONTENIDO**

- i. RESUMEN
1. LA UNIVERSIDAD DEL VALLE.  
El bienestar. La Facultad de Ingeniería.
2. EL INGENIERO.  
Procesos. Recursos. Objetivos. Lo básico.
3. METODO DE TRABAJO DEL INGENIERO.
4. CRITERIOS DE FACTIBILIDAD.
5. RAMAS TRADICIONALES DE LA INGENIERIA.
6. OBJETIVOS DE LA FORMACION EN PREGRADO.
7. CIENCIAS BASICAS EN INGENIERIA.
8. CUADRO RESUMEN.
9. COMENTARIO.

## RESUMEN

- En este escrito, se formulan en primer término algunos conceptos que implican postulados y valores: "universidad", "bienestar social", "ingeniería", "básico", "subdesarrollo cultural", entre otros. El implícito más influyente es el concepto de ingeniería, la cual se presenta como una actividad orientada metódicamente a alcanzar objetivos muy diversos, en contraposición a las concepciones que la consideran como una ciencia.
- Luego se presenta un panorama de los aspectos que el autor considera que caracterizan a esta actividad, a saber: los recursos naturales y sociales, los procesos de transformación, los productos u objetivos, un método de trabajo del profesional, los criterios de factibilidad de proyectos, una posible evolución de un ejercicio profesional, una agrupación de las ciencias, y una síntesis de los objetivos de la formación en pregrado.
- Al aplicar el criterio de "básico" a los conocimientos que se deben manejar en ese panorama, se concluye que los únicos conocimientos "generales" se han agrupado en las ciencias humanísticas formales y en las ciencias sociales. En cambio, los conocimientos de las ciencias naturales sólo son básicos en cuanto sean permanentes en los procesos, y su generalidad es limitada al tipo de la rama de la ingeniería en donde se aplican.
- Al considerar que entre las características generales de la profesión, la dominante es la intención de lograr objetivos en forma metódica, se concluye que toda docencia, en particular la de conocimientos básicos, debe ser presentada desde la perspectiva del ejercicio de dicho método por parte de los estudiantes.

## 1. LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

Para algunos de los trabajos de planeación, se ha concebido a la Universidad del Valle como uno de los agentes de bienestar social, caracterizada por funciones predominantemente ligadas al manejo de conocimientos y valores: docencia a nivel superior, investigación y extensión.

Para cumplir esa misión con tales características, continúa buscando configuraciones estructurales y modos de funcionar cuya evaluación crítica permita considerarlos más eficaces.

Factores como la necesidad de diseños globales para la planeación a largo plazo, la crisis institucionales, económicas y la incorporación de técnicas de análisis de sistemas, entre otros, han exigido la búsqueda de modelos integrados para intentar:

- a) Esquemas conceptuales menos dogmáticos y más susceptibles de comprobación objetiva para su evaluación.
- b) Estructuras más dinámicas y adaptables a los cambios que las evaluaciones impongan sobre los esquemas conceptuales.
- c) Modos de funcionar más eficaces y eficientes para satisfacer las necesidades y conceptos que se dice los justifican.

El concepto de Universidad como agente de bienestar por medio del manejo de conocimientos y valores definió su ambiente o región de influencia como dos conjuntos relacionados:

- a) Por una parte de "bienestar social", el objetivo.
- b) Por otra "los conocimientos y valores", los instrumentos.

- a) El bienestar social se ha concebido como el conjunto de estados más deseables de las variables que caracterizan el ambiente de la comunidad a que se aplican, según sus propios valores.

Las operaciones de búsqueda directa del bienestar social son operaciones fundamentalmente de transformación de recursos y/o de valores.

El espacio de influencia de los problemas y de las soluciones en lo geográfico, temporal y social, están determinados por el número y la distribución de las personas afectadas.

- b) El manejo de conocimientos y valores, en cuanto instrumentos, es fundamentalmente un manejo de información, y sus espacios de influencia dependen de la generalidad y permanencia de sus elementos y del número de personas que los posean.

Estos dos conjuntos constituyen el ambiente de la Universidad. Sus caracterizaciones implican la conceptualización y juicio sobre tal ambiente. El diagrama de la figura 1 expresa una clasificación que ordena las variables del bienestar en tres clases y las de la cultura en una clasificación de las ciencias.

El desarrollo social se ha convertido en un campo de estudio más complejo de las variables por estar sujeto al ambiente de la comunidad a que se refieren, según sea el tipo de valores.

Las operaciones de desarrollo social del desarrollo social son las que se refieren a la transformación de la estructura y de los valores.

El espacio de influencia de los problemas y de las soluciones en la geografía humana y social, están determinados por el tipo de valores.

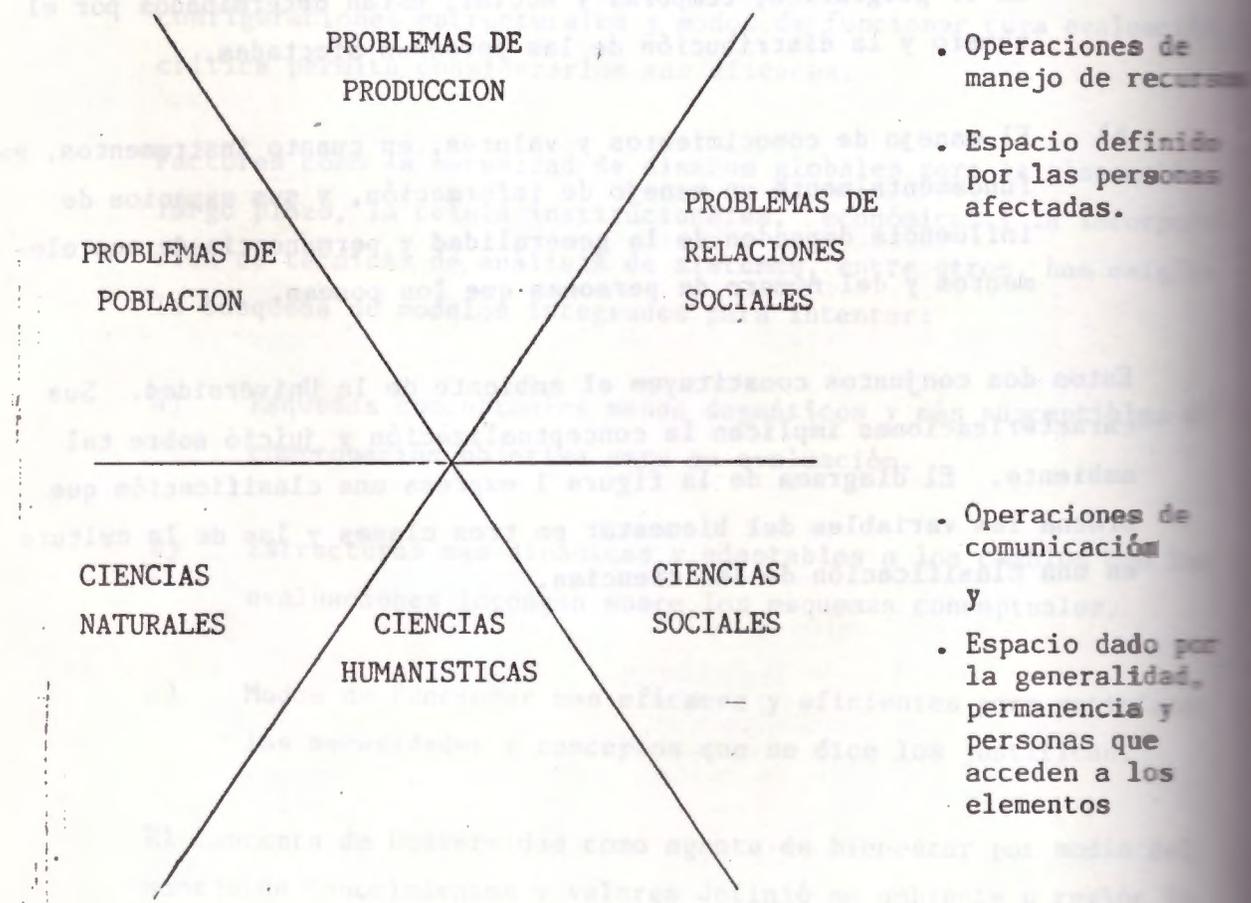


Figura 1

La zona de influencia de la Universidad

Para su organización y gobierno, la Universidad del Valle ha dispuesto sus recursos en ocho Facultades y una Administración Central.

Las Facultades son:

1. Administración
2. Arquitectura
3. Ciencias
4. Economía y Ciencias Sociales
5. Educación
6. Humanidades
7. Ingeniería
8. Salud

La Facultad de Ingeniería es la unidad administrativa encargada de cumplir la misión de la Universidad en el campo del uso de conocimientos científicos, tecnológicos y empíricos, para el diseño, ejecución y mantenimiento de procesos de transformación de recursos naturales y sociales en forma económica, para beneficio social.

## 2. EL INGENIERO

Ingeniero: Se llamará ingeniero a un profesional que utiliza conocimientos científicos, tecnológicos y empíricos para diseñar, ejecutar y mantener procesos de transformación de recursos naturales y sociales, optimizados económicamente, para beneficio del hombre.

- Los procesos en que trabaja el ingeniero son una parte significativa del total de actividades económicas y culturales que realiza una comunidad en su medio ambiente.
- La figura 2 es una representación de un proceso generalizado de transformación de recursos:

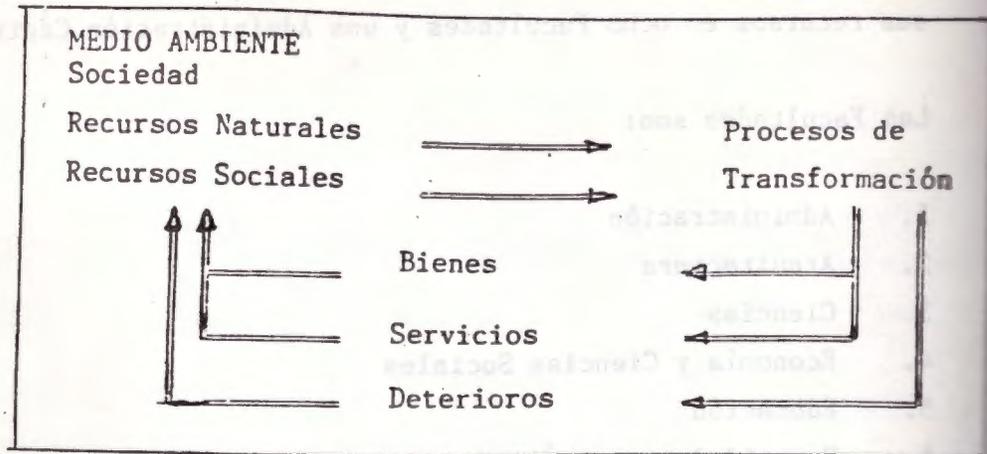


Figura 2

- En esta figura, se representa el ciclo de producción de recursos sociales por medio de las interacciones (llamadas procesos de transformación) entre recursos naturales y sociales.

Todo proceso productivo que transforma recursos físicos se proyecta para la producción de bienes (mercancías, entes de propiedad transferible) o servicios (actividades, no transferibles). Pero toda manipulación de recursos físicos produce deterioros, degradación del medio ambiente.

Es posible describir el contenido de cada término del concepto de ingeniero y de proceso de varias maneras, con diferentes criterios de ordenamiento o de clasificación. Para decidirlos, hemos usado dos conceptos (1), (2):

- "Subdesarrollo cultural": El estado de la cultura de una sociedad cuyas necesidades y demandas no determinan los cambios científico-tecnológicos que rigen la evolución de su producción y desarrollo. Esa es nuestra condición.

b) "Básico": En la producción de ingeniería, hemos llamado así a todo elemento científico-tecnológico que sea permanente (siempre está en el proceso) o general (está en todos o en una gran parte de los procesos).

La consideración de nuestras condiciones pareció indicar conveniente clasificar según los "problemas" o "necesidades" los objetivos y productos, y el criterio de "ordenamiento científico-tecnológico (dominantemente ciencias naturales aplicadas) para organizar los procesos de transformación de recursos.

En la página siguiente se presenta en forma de cuadro sinóptico una lista de títulos y subtítulos para clasificar recursos, procesos y objetivos según estos criterios.

- 1.1 Ciencias Básicas y Aplicadas
  - 1.1.1 F. Mecánica y Materiales
  - 1.1.2 E. Eléctrico-electrónicos
  - 1.1.3 M. Mecánica de Sólidos
  - 1.1.4 F. Señales de Campos
  - 1.1.5 T. Transferencia de masa y Energía
  - 1.1.6 F. Ópticos y Acústicos
  - 1.1.7 T. Automatización y Cibernética
- 1.2 Problemas y Objetivos
  - 1.2.1 Problemas de Población
    - 1.2.1.1 Demográficos
    - 1.2.1.2 Vivienda y Habitación
    - 1.2.1.3 Salud
    - 1.2.1.4 Alimentación
  - 1.2.2 Problemas de Producción
    - 1.2.2.1 Infraestructura territorial
    - 1.2.2.2 Industrias de extracción y transformación
    - 1.2.2.3 Industrias de transformación
  - 1.2.3 Problemas de servicios y actividades
    - 1.2.3.1 Servicios y actividades culturales
    - 1.2.3.2 Servicios (comerciales, turísticos)
    - 1.2.3.3 Organización
    - 1.2.3.4 Espectáculos

e  
-  
epto  
s  
rlas,

n  
-

1. INGENIERIA Y PROCESOS PRODUCTIVOS

1.1 Recursos

1.1.1 Naturales

1.1.1.1 Materiales

1.1.1.2 Tiempo

1.1.1.3 Espacio

1.1.2 Sociales

1.1.2.1 Humanos (personas capacitadas)

1.1.2.2 Económicos: Infraestructura territorial y de producción. Dinero

1.1.2.3 Culturales

1.1.2.3.1 Organización social

1.1.2.3.2 Ciencia-Tecnología

1.1.2.3.3 Información

1.1.2.3.4 Comunicación

1.2 Procesos de Transformación: (Gráfico 2)

1.2.1 P. Materias primas y Materiales

1.2.2 P. Eléctrico-electrónicos

1.2.3 P. Mecánica de Sólidos

1.2.4 P. Mecánica de Fluidos

1.2.5 P. Transferencia de masa y Energía

1.2.6 P. Químicos y Bioquímicos

1.2.7 P. Información y Cibernética

1.3 Productos y Objetivos

1.3.1 Problemas de Población

1.3.1.1 Demográficos

1.3.1.2 Vivienda y habitat

1.3.1.3 Salud

1.3.1.4 Alimentación

1.3.2 Problemas de Producción

1.3.2.1 Infraestructura territorial

1.3.2.2 Industrias de extracción y recolección

1.3.2.3 Industrias de transformación

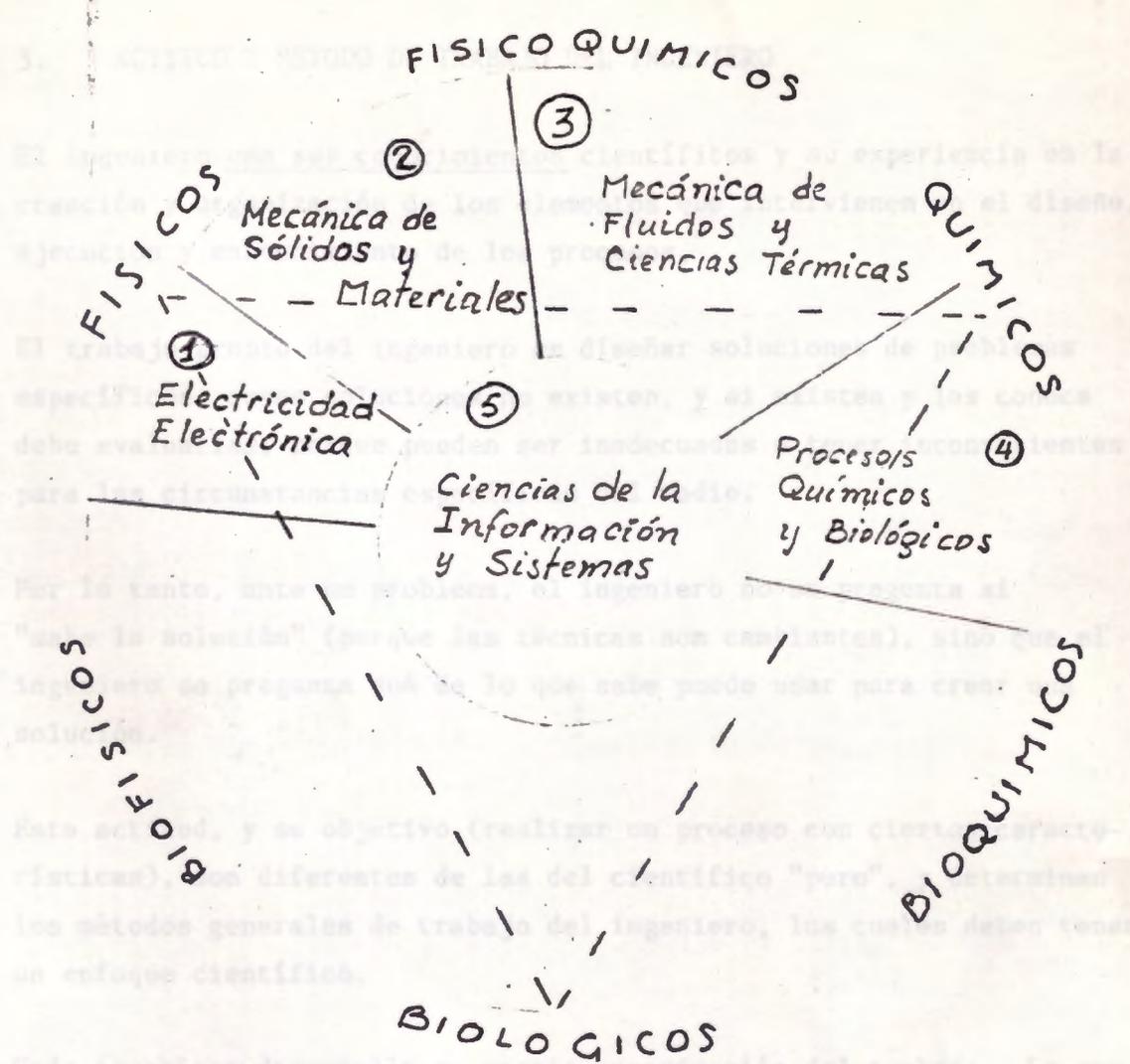
1.3.3 Problemas de relación o culturales

1.3.3.1 Educación y desarrollo cultural

1.3.3.2 Servicios: Comunicación, Transporte

1.3.3.3 Organización

1.3.3.4 Gobierno



1. Electricidad y Electrónica
2. Mecánica de Sólidos y Materiales
3. Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas
4. Procesos Químicos y Bioquímicos
5. Información y Sistemas



Figura 3

Departamentos de la Facultad de Ingeniería

### 3. ACTITUD Y METODO DE TRABAJO DEL INGENIERO

El ingeniero usa sus conocimientos científicos y su experiencia en la creación y organización de los elementos que intervienen en el diseño, ejecución y mantenimiento de los procesos.

El trabajo propio del ingeniero es diseñar soluciones de problemas específicos, cuyas soluciones no existen, y si existen y las conoce debe evaluarlas, porque pueden ser inadecuadas o tener inconvenientes para las circunstancias específicas del medio.

Por lo tanto, ante un problema, el ingeniero no se pregunta si "sabe la solución" (porque las técnicas son cambiantes), sino que el ingeniero se pregunta qué de lo que sabe puede usar para crear una solución.

Esta actitud, y su objetivo (realizar un proceso con ciertas características), son diferentes de las del científico "puro", y determinan los métodos generales de trabajo del ingeniero, los cuales deben tener un enfoque científico.

Cada ingeniero desarrolla su propia organización del trabajo. La que aquí se expone es una proposición que se recomienda para comenzar ese desarrollo. Se da en forma de una secuencia de operaciones y probablemente así la tiene que practicar el ingeniero inexperto, el estudiante de los primeros semestres, para organizar su trabajo mental. El ingeniero con mas experiencia ha interiorizado el proceso y verifica esas operaciones mentales con gran simultaneidad.

#### SECUENCIA DE TRABAJO

##### 3.1 INSPECCION

Esta serie de operaciones tiene por objeto acopiar ordenadamente la información disponible sobre el problema, y definir, con la máxima

delimitación el objetivo del trabajo. Frecuentemente incluye trabajo preliminar de campo, de laboratorio, investigación bibliográfica y consulta a asesores profesionales. Si esta fase no se realiza bien, todo el trabajo puede quedar desorientado.

### 3.2 EVALUACION DE RECURSOS

Este aspecto del trabajo tiene por objeto elaborar una visión panorámica si posible sinóptica, de los recursos físicos, humanos, científicos y tecnológicos disponibles para la elaboración de soluciones.

Las dos primeras fases del trabajo definen específicamente las siguientes:

### 3.3 ELABORACION DE ALTERNATIVAS. OPTIMIZACION. PROGRAMACION. CALCULO

Esta es la fase creativa y central del trabajo de ingeniería. Casi ningún trabajo real tiene una solución única. El ingeniero debe poder imaginar varias soluciones posibles, tener criterios para escoger una (optimización) y desarrollarla.

La "imaginación" de soluciones es la parte propiamente creativa en el proceso. Se ha hablado de dos formas de aproximación a esta operación: la síntesis a partir del análisis y la intuición a partir de una concepción global.

La forma general del trabajo del "ingeniero", suele seguir el camino del análisis-síntesis y la del "artista" suele seguir la intuición. Pero puede ser que no haya una diferencia real entre las dos, y que ingenieros expertos utilicen enfoques intuitivos.

Una vez obtenido un conjunto de alternativas es preciso descubrir y exponer sus ventajas y desventajas para compararlas, en general mediante los criterios de factibilidad, y seleccionar una o dos alternativas viables. Este proceso se llama de "optimización" y permite seleccionar

la(s) alternativa(s) para la cual se desarrolla el proceso de diseño, construcción y mantenimiento, mediante los algoritmos y la programación que sean adecuados. Los ingenieros inexpertos suelen confundir estas dos operaciones (cálculos y programación) con el trabajo real de ingeniería, cuando ellas no son sino aspectos técnicos de una de las fases de la ejecución de un proceso.

### 3.4 EVALUACION Y CRITICA

Una vez completo el proyecto es necesario evaluarlo, con respecto a su objetivo, y a los criterios de factibilidad principalmente. Esta operación expresa es la generadora de experiencia consciente. La capacidad de autocrítica es básica para la autoformación del ingeniero, es el punto de partida de toda operación de cambio y de auto-formación profesional.

### 3.5 COMUNICACION

El trabajo de ingeniería no se realiza sino cuando mediante la adecuada comunicación se puede convertir en un hecho social. El ingeniero debe poder manejar las formas y medios para elaborar y presentar efectivamente el resultado de sus concepciones y su trabajo. Tales formas van de la comunicación verbal (oral, escrita) y gráfica al uso de todos los medios para el manejo de información.

Todo plan de estudios que intente formar profesionales de la ingeniería, deberá tener un proceso curricular apto para que los estudiantes adquieran habilidad y destreza en el manejo de un método de trabajo apropiado para el concepto de la profesión, y toda asignatura de su programa debe ser presentada con la perspectiva de dicho método.

#### 4. CRITERIOS DE FACTIBILIDAD

Los elementos de la sociedad que detentan el mando sobre la disponibilidad de los recursos deciden si invierten los insumos requeridos por un proceso dado, considerando los recursos que intenta producir y los deterioros que puede generar.

Las pautas generales de comportamiento social que producen la decisión sobre la producción del proyecto de proceso, se llamarán en este escrito, "Criterios de Factibilidad", y se pueden clasificar en cuatro tipos cuya aplicación depende del grado de desarrollo cultural:

4.1 Criterios Técnicos

4.2 Criterios Económicos

4.3 Criterios Sociológicos

4.4 Criterios Ecológicos

Podemos afirmar que estos criterios para decidir sobre la factibilidad de obras aparecen como pautas de comportamiento social en ese orden histórico. Aún están en proceso de investigación los métodos para cuantificar el impacto sociológico de los macro-proyectos, y el impacto ecológico sólo se establece para prevenir la degradación del medio ambiente, no como un objetivo de los procesos de transformación, sino como una limitación para ellos. Los criterios de tipo ecológico se extienden en los países industrializados en el último medio siglo, al paso que apenas están apareciendo ahora en las esferas gubernamentales de los países en desarrollo.

La enseñanza y sus programas de ingeniería en el pregrado han hecho énfasis en la formación para la aplicación de los criterios técnicos-físicos y con menor fuerza de los económicos. Con frecuencia se postula falsamente que la ingeniería

es un conjunto de técnicas bien delimitadas sobre lo físico y que no contiene elementos sobre lo social o lo humano. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que en todas las profesiones se han transformado los objetivos y contenidos de su quehacer tradicional, y que los nuevos enfoques de los problemas trascienden los campos de las disciplinas convencionales.

- Los tres aspectos considerados hasta el momento, a saber: conceptos de ingeniero y de proceso de transformación, métodos de trabajo y criterios de factibilidad son generales para toda la profesión. En el diseño de los programas de estudios fundamentan las decisiones para incorporar cursos y métodos de docencia que son comunes para todos los ingenieros.

#### 5. RAMAS TRADICIONALES DE LA INGENIERIA

El desarrollo histórico de la ingeniería y de la ciencia fué produciendo diversos campos, generalmente separados mediante criterios de clasificación de las técnicas de procesamiento empleadas, o de los problemas que se intenta resolver. En Colombia, se puede considerar que aparecen, también en orden histórico, las cinco ramas siguientes:

Ingeniería Civil  
Ingeniería Mecánica  
Ingeniería Química  
Ingeniería Eléctrica  
Ingeniería Industrial

Con la expansión de la tecnología y la aplicación de los fundamentos científicos en todos los campos de la producción esa ramificación virtualmente explota en el sector de las técnicas, y hoy en día se habla de ingenierías de todo tipo, tanto en cuanto ramas básicas de formación de primer grado o pregrado, como en cuanto especialidades o profundización en partes de una rama tradicional, en la formación de posgrado o en la educación continua.

## 6. FORMACION EN INGENIERIA. PREGRADO. OBJETIVOS

Como la ingeniería es una actividad en proceso de cambio continuo, la formación del ingeniero no termina nunca, sino que es parte de su actividad profesional. Continuamente se deben adquirir o renovar conocimientos (evaluación de recursos) y experiencia (crítica, autocrítica).

El tiempo de programa de un plan de educación formal en el pregrado de ingeniería es limitado a 10 semestres y durante él sólo se pueden desarrollar en el ingeniero una base científico-tecnológica y unas experiencias muy limitadas, cuyos objetivos se pueden generalizar (3,4) como el logro de:

- 6.1 Una actitud creadora ante el trabajo y un método y disciplina propios de su profesión de ingeniero, que le permitan continuar y renovar indefinidamente su propia formación, tanto en profundidad como en extensión.
- 6.2 Una base científica de conocimientos y las habilidades y destrezas necesarias para el análisis, comprensión y crítica de los métodos, operaciones y procesos físicos y sociales que caracterizan al grupo de las actividades económicas cuyo desarrollo de profesionales es el objetivo del plan.
- 6.3 Los conocimientos, habilidades y destrezas que son objetivos educacionales de esta base científica, deben además capacitar al ingeniero para proseguir su proceso de desarrollo profesional luego de su primer grado, con el apoyo de programas formales de actualización, especialización, maestría y doctorado.
- 6.4 Una base de conocimientos, habilidades y destrezas sobre tecnología y técnicas, necesaria para actuar con eficiencia y eficacia en la operación de los procesos productivos que

caracterizan la profesión definida en el Plan de Estudios, con capacidad analítica y crítica suficientes para generar el proceso de auto-formación y desarrollo profesional que se apoya en la experiencia.

## 7. CIENCIAS BASICAS EN INGENIERIA

Si ahora, recordando el criterio de lo "básico" consideramos el conjunto de procesos, método, criterios de evaluación, objetivos de la educación de pregrado, y fases o etapas de la vida profesional de los ingenieros, y los grupos de ciencias que se aplican en ingeniería (Cuadro resumen), podremos hacer algunas observaciones:

- 7.1 El campo actual de los procesos de ingeniería es tan vasto, que tiende a confundirse con el total de la actividad social sobre lo físico e invade algunas áreas de las actividades sobre lo social.
- 7.2 Lo único común en todo trabajo de ingeniería bien realizado es la búsqueda racional del logro del objetivo, es decir, el método.
- 7.3 Por esta razón, las únicas ciencias que, con el criterio de "generales" se aprecian en todo el campo son los elementos de algunas de las agrupadas con el nombre de humanísticas: Lógica, Etica, Matemática, Estadística, Ciencias de la Información, Ciencias de la Comunicación y los principios de Economía y Administración indispensables para establecer la factibilidad económica de proyectos.
- 7.4 Pero con el criterio de "permanentes" en grupos de procesos, encontramos que todas las partes de las ciencias naturales aplicadas son básicas para algunas carreras de ingeniería (si miramos el panorama de los planes de estudio aprobados en el país) y de hecho, se pueden formar grupos de ingeniería de

base "física" de base "química", "biológica", "geológica", o de bases combinadas, integradas por ramas de las ciencias: bio-mecánicas, bio-químicas. (6, 7)

7.5 Puesto que lo único característico de toda la ingeniería es el método para aproximarse racionalmente al logro del objetivo, resulta admisible recomendar que toda enseñanza se practique desde el punto de vista de su aplicación en dicho ejercicio metodológico por parte del estudiante.

PROCESOS:

- de Recursos Naturales y Materiales
- Eléctricos y Electrónicos
- Mecánica de Sólidos
- Mecánica de Fluidos
- Energía y Transferencia de Masa
- Químicos
- Biológicos
- de Información

METODO:

- Inspección: Información  
Objetivo
  - Evaluación de Recursos
  - Diseño: Síntesis  
Optimización  
Programación  
Cálculo
  - Evaluación y Crítica
  - Comunicación
- 

OBJETIVOS DEL PREGRADO:

1. Actitud, método, disciplina, saber aprender.
2. Base científica sobre lo físico
3. Base científica sobre lo social
4. Base tecnológica sobre lo específico profesional.

8. CUADRO RESUMEN

### FACTIBILIDAD:

- Técnica
- Económica
- Sociológica
- Ecológica

### VIDA PROFESIONAL

- fase técnica
- fase tecnológica
- fase económica
- fase socio-política

---

### CIENCIAS

#### A. HUMANISTICAS:

1. Lógica y Teoría del Conocimiento
2. Procesos de Pensamiento. Psicología
3. Ética
4. Matemática aplicada
5. Estadística
6. Ciencias de la Información
7. Ciencias de la Comunicación. Lenguajes
8. Idiomas
9. Letras
10. Historia

#### B. CIENCIAS NATURALES:

1. Geociencias y Recursos
2. Física Aplicada
3. Química Aplicada
4. Biología

#### C. CIENCIAS SOCIALES

1. Economía
2. Sociología
3. Administración

## 9. COMENTARIO

1. El término "perspectiva de dicho método", no significa que la enseñanza en ciencias deba hacerse "en forma de aplicaciones", prescindiendo de los esquemas que organizan u ordenan los conocimientos que son su objeto.

Parece que muchos profesores de ciencias básicas creen que el objetivo educacional de que el estudiante sea capaz de "aplicar" el conocimiento en la síntesis de alternativas de solución, se puede lograr mediante la enseñanza de destrezas sobre "ejercicios tipo". Esto se puede observar en la estructura de las pruebas de calificación (exámenes) en donde usualmente no aparecen preguntas sobre la estructura teórica, definiciones de conceptos ni demostraciones de teoremas.

Por su parte, el estudiante no maneja la verbalización (eso es la "carreta") sino las "fórmulas", y no está interesado en saber el "qué", ni el "por qué" de las cosas y sino el "cómo" de las operaciones. El resultado es que no adquiere conscientemente una estructura "conceptual", y debe usar sólo "nociones". Esto, a mi juicio, lo inhabilita para un verdadero ejercicio de producción de soluciones. Sólo puede, en general, repetir las que recupera de algún almacén, lo cual no pasa de ser trabajo técnico, sin capacidad de evaluación crítica.

2. La enseñanza tampoco deberá realizarse con el objetivo de que el estudiante "adquiera el conocimiento" o "sepa", como fin en sí mismo. Al ingeniero no le basta "saber" ni el profesor de ingeniería puede evaluar eso. Lo que en general observa el profesor es si el estudiante "es capaz de lograr el objetivo", lo cual implica una síntesis entre conocimientos, destrezas, habilidades y otros recursos no mentales, hasta lograr una adecuada comunicación.

3. Para colocar la recomendación en términos positivos, el profesor de ciencias básicas además de la estructura de su campo debe conocer y manejar una aproximación metodológica para el uso de los conocimientos en "diseño de soluciones", ojalá coherente con el objetivo del plan de estudios, uniforme para todas las asignaturas, por lo menos para los estudiantes de los primeros semestres.

4. Tal "espíritu profesional" podría remover un poco el supuesto de que los estudiantes no estudian ingeniería sino cuando se les presentan en un curso terminal las técnicas específicas del conjunto de procesos de transformación escogidos en el diseño del plan de estudios.

INTERVENCION DEL ... DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE ...  
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD DE LA FACULTAD DE  
INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE ...  
REFERENCIAS:

1. ESTRUCTURA DE UNA ESCUELA DE INGENIERIA.  
F. Gensini, D. Gutiérrez. 1967.
2. PROYECTO PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO EDUCATIVO EN  
INGENIERIA. D. Gutiérrez R., 1974.
3. INTRODUCCION AL ANALISIS DEL PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA  
CIVIL. D. Gutiérrez R. 1987.
4. PROPOSICION DE POLITICA CURRICULAR Y OBJETIVOS DE PROGRAMAS  
DE POSGRADO EN RELACION CON LA LEY Y LA ESTRUCTURA DEL  
SISTEMA DE EDUCACION SUPERIOR. D. Gutiérrez R., 1987.
5. REFORMA DE LA EDUCACION SUPERIOR. ICFES. Bogotá, 1983.
6. DIAGNOSTICO DE LA EDUCACION SUPERIOR 1973-1983. ICFES,  
Bogotá, 1984.
7. ESTADISTICAS DE LA EDUCACION SUPERIOR. ICFES. Bogotá, 1986.



INTERVENCION DEL *ING. JAIRO PANESSO T*, PROFESOR DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE. *"UNA METODOLOGIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA COMO CIENCIA"*.

" El hombre no debe heredar el pasado, debe crearlo de nuevo "  
Arthur Kostler

### ABSTRACT

Existe en nuestras facultades de ingeniería un gran vacío que se refleja en las cualidades profesionales, intelectuales y morales de los egresados.

Debe el profesor y el estudiante conocer las características y cualidades del método científico y de la investigación y más aún debe estar consciente y convencido que la ingeniería es una ciencia. De esta manera una vez convencido el universitario de su función en la universidad, procurará imbuirse de este espíritu científico, perfeccionando sus métodos de investigación y mejorando sus técnicas de estudio y de trabajo. Los conocimientos científicos que va a adquirir, los buenos o malos maestros que va a enfrentar no constituirán lo esencial de su vida académica. Lo esencial es, todos concuerdan en esto es, aprender a trabajar, a enfrentar y a solucionar los problemas que se presentan no sólo en la universidad, sino principalmente en la vida profesional. Y esto no es solo los conocimientos que le transmiten o encuentre ya hechos, sino los hábitos, conciencia y espíritu preparado para enfrentar todos los problemas que se presentan en la ingeniería, en base al espíritu de creatividad y de iniciativa que le han formado en la universidad.

El método propuesto se base fundamentalmente en la aplicación del método científico a la enseñanza de la ingeniería, pero haciendo énfasis en un principio en concientizar al estudiante universitario que afronta el estudio de una ciencia similar en muchos aspectos a la matemática, la física y la química, pero diferente en sus objetivos.

## INDICE

	Página
ABSTRACT	1
1. LA CIENCIA	2
1.1 Definición y Características	2
1.2 Su Valor y su Función	5
2. CLASIFICACION DE LAS CIENCIAS	6
2.1 De Acuerdo a su Objeto de Estudio	5
2.2 De acuerdo a sus Objetivos y Alcances	6
3. EL METODO CIENTIFICO	8
4. LA INGENIERIA	9
5. UN PREREQUISITO DE LA METODOLOGIA La Formación de un Ambiente y Espíritu Científico	9
5.1 Naturaleza del Ambiente y Espíritu Científico	10
5.2 Conquista Lenta y Difícil	11
5.3 Importancia del Espíritu Científico	12
6. LA METODOLOGIA DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA COMO CIENCIA	12
6.1 Introducción	12

	Página
6.2 Actividades de Aprendizaje	13
6.3 La Investigación como una Actividad del Aprendizaje	14
6.4 Las Teorías Científicas de la Ingeniería	15
6.5 El Método de Análisis como Actividad del Aprendizaje	16
7. CONCLUSION	17
BIBLIOGRAFIA	18
FIGURAS	19

# 1. LA CIENCIA<sup>1</sup>

## 1.1 DEFINICION Y CARACTERISTICAS

Para definir la ciencia habrá que enunciar sus características :

- a. La ciencia es un conjunto de conocimientos (Fig 1.1) que se manifiestan en conceptos, juicios y razonamientos.
- b. Estos conceptos, juicios y razonamientos están ordenados conforme a reglas lógicas, de tal manera que al enlazarlos con coherencia nos conducen a conocimientos nuevos.
- c. Ese orden aplicado al conjunto de conocimientos da por resultado una estructura de ideas (sistema). De ahí que la ciencia no sea una suma de conocimientos, o una simple aglutinación de juicios, sino un enlace coherente de los conocimientos para sacar nuevas conclusiones.
- d. Esa coherencia dá a la ciencia la categoría de pensamiento concreto. Esto es lo que distingue al pensamiento científico del pensamiento cotidiano.

En conclusión el pensamiento científico tiene las siguientes características fundamentales :

- Objetividad
- Racionalidad
- Sistemática

a. Objetividad :<sup>2</sup> Es la concordancia o adaptación a su objeto. El pensamiento científico se aplica a los hechos innegables y no especul

---

1. Yuren María Teresa; Leyes, Teorías y Modelos; página 81

2 López José Luis; Método e Hipótesis Científicas; página 18

arbitrariamente. Es la adecuación a la realidad, con una validez independiente de los intereses del que conoce.

- b. Racionalidad : El pensamiento Científico está integrado de principios y leyes científicas. Siempre se parte de elementos racionales y sus resultados también serán entes de razón. La racionalidad, así mismo, entraña la posibilidad de asociar conceptos de acuerdo con leyes lógicas y que generen conceptos nuevos y descubrimientos.
- c. Sistematicidad : Los conocimientos científicos no pueden estar aislados y sin orden; siempre están inmersos en un conjunto, y guardan relación unos con otros. Todo conocimiento científico solo tiene significado, en función de los que guardan relación de orden y jerarquía con él.

La sistematicidad y la objetividad que caracterizan a la ciencia implican otras características que es necesario mencionar.<sup>3</sup>

La ciencia parte de los hechos y los trasciende; no se conforma con obtener datos, sino busca ir más allá, obtener nuevos conocimientos, lo cual se logra en gran medida gracias al análisis, la clasificación, estructuración de los datos y a las derivaciones a partir de ellos, con el auxilio de las ciencias formales : lógica y matemáticas.

No son los hechos por sí mismos, sino su elaboración teórica y la comparación de las consecuencias de las teorías con los datos observacionales, la principal fuente del descubrimiento de nuevos hechos.

La ciencia es analítica porque intenta descubrir las partes, los aspectos o elementos que componen a su objeto de estudio, con el objeto de

---

3 Bunge Mario; La Ciencia, su Método y su Filosofía; página 23

descubrir posteriormente las conexiones o relaciones entre ellos y de poder explicar cómo se integran los elementos para formar el todo.

La ciencia no queda sólo en la fragmentación de la realidad, sino que tiende a una síntesis de los elementos. El análisis y la síntesis que realiza la ciencia nos permiten comprender mejor la realidad.

El conocimiento científico busca la precisión en sus conocimientos. Para ello procura la identificación exacta de los problemas, aplicando las reglas de la lógica a fin de evitar contradicciones. Va gradualmente de lo simple a lo complejo; define la mayoría de sus conceptos, crea lenguajes artificiales utilizando símbolos que eviten la ambigüedad y vaguedad; registra y controla los datos obtenidos en la investigación, para poder relacionarlos con corrección.

Gracias a la precisión del conocimiento científico, es posible transmitirlo. El lenguaje empleado en la ciencia está construido con términos que no implican emotividad; y son informativos pues no tienden a propiciar una acción ni a despertar sentimientos. El lenguaje científico está encaminado a comunicar información y gracias a esta comunicabilidad la ciencia progresa. Si los científicos mantuvieran en secreto sus descubrimientos, la cultura se estancaría.

El conocimiento científico está fundamentado tanto teóricamente, mediante la demostración, como experimentalmente, mediante la verificación. Este carácter de fundamentación produce seguridad en la inteligencia. Sabemos que la investigación científica no posee reglas y recursos infalibles; sin embargo, obtenemos certeza en un buen grado y al mismo tiempo la necesidad de conservar esa seguridad impulsa a seguir investigando.

El conocimiento científico es general; o sea, pretende explicar los hechos particulares a partir de relaciones generales, ubicándolas en una clase.

## 1.2 SU VALOR Y SU FUNCION

El hombre que posee una explicación sobre alguna cosa se percata de que, conociendo aquello, lo puede manejar, controlar y utilizar mejor, e incluso puede saber cuáles serán las manifestaciones futuras de aquella cosa; en otras palabras, puede predecir su funcionamiento.

Explicar y predecir los fenómenos son las dos funciones básicas de la ciencia creada por el hombre para satisfacer el impulso natural de conocer y controlar inteligentemente el mundo interno y externo que tanto admira.

La ciencia intenta explicar los fenómenos, y para ello no se conforma con describirlos, sino que se pregunta cómo son, por qué ocurren así las cosas y no de otra manera.

Las explicaciones dadas por la ciencia la hacen dinámica y progresiva, pero en ese dinamismo hay que preservar la exactitud, la precisión, la corrección en los razonamientos y la verificación suficiente de las proposiciones; porque a partir de los hechos descubrimos las leyes, que explicamos a partir de principios generales, y los hechos son observados en los principios. De esta manera, el movimiento de la ciencia es circular, por lo que debe ser cuidadosamente realizado para evitar el círculo vicioso. La manera más adecuada de hacerlo consiste en utilizar el método científico.

Por último, el conocimiento científico es productivo porque controla y modifica el curso de los acontecimientos fundamentándose en leyes relativas al estado de cosas actuales o pasadas.

## 2. CLASIFICACION DE LAS CIENCIAS <sup>4</sup>

### 2.1 DE ACUERDO A SU OBJETO DE ESTUDIO

Diferenciando entre el método general de la ciencia y los métodos especiales de las ciencias particulares hemos aprendido lo siguiente : primero, que el método científico es un modo de tratar problemas intelectuales, no cosas, ni instrumentos, ni hombres; consecuentemente, puede utilizarse en todos los campos del conocimiento. Segundo, que la naturaleza del objeto en estudio dicta los posibles métodos especiales del tema o campo de la investigación correspondiente: el objeto (sistema de problemas) y la técnica van de la mano. La diversidad de las ciencias está de manifiesto en cuanto que atendemos a sus objetos y sus técnicas, y se disipa en cuanto que se llega al método general que subyace a aquellas técnicas.

La diferencia primera y más notable entre las varias ciencias es la que se presenta entre ciencias formales y ciencias factuales, (Fig. 2.1) o sea entre las que estudian ideas y las que estudian hechos. La ciencia formal es auto-suficiente por lo que hace al contenido y al método de prueba, mientras que la ciencia factual depende del hecho por lo que hace al contenido o significación y del hecho experimental para la convalidación.

### 2.2 DE ACUERDO A SUS OBJETIVOS Y ALCANCES. (Fig. 2.2)

Los métodos son medios arbitrarios para alcanzar ciertos fines. Para qué fines se emplean el método científico y las varias técnicas de la ciencia ? En primer lugar, para incrementar nuestro conocimiento (objetivo intrínseco, o cognitivo); en sentido derivativo, para aumentar nuestro bienestar y nuestro poder (objetivos extrínsecos o utilitarios).

---

4. Bunge Mario; La Investigación Científica; página 41

Si se persigue un fin puramente cognitivo, se obtiene ciencia pura. La ciencia aplicada (tecnología) utiliza el mismo método general de la ciencia pura y varios métodos especiales de ella, pero los aplica a fines que son en última instancia prácticos. Si estos fines utilitarios no concuerdan con el interés público, la ciencia aplicada puede degenerar en ciencia impura.

Se dice a veces que no hay tal división de las ciencias en puras y aplicadas, porque toda la ciencia apunta en última instancia a la satisfacción de necesidades de una u otra naturaleza; pero esta opinión pasa por alto los objetivos de unas y otras ciencias, y no consigue explicar las diferencias de actitud y motivación entre el investigador que busca una nueva ley natural y el investigador que busca una nueva cosa: el primero desea entender las cosas mejor, el segundo desea mejorar nuestro dominio de ellas.

Lo que sí es verdad es que la acción - la industria, el gobierno, la educación, etc. - plantea problemas frecuentemente, problemas que sólo la ciencia puede resolver. Y si esos problemas se elaboran con el espíritu libre y desinteresado de la ciencia pura, las soluciones a dichos problemas pueden resultar aplicables a fines prácticos. Dicho brevemente: la práctica, junto con la mera curiosidad intelectual, es una fuente de problemas científicos. Pero dar a luz no es criar. Hay que cubrir un ciclo entero antes de que salga algo científico de la práctica: Práctica -- Problema Científico -- Investigación Científica -- Acción Racional. Tal fue el esquema más frecuente hasta la mitad del siglo XIX, más o menos cuando la física dió nacimiento a la ingeniería eléctrica: a partir de entonces la tecnología propiamente dicha - y ya no sólo la habilidad profesional precientífica - quedó firmemente establecida. Y ya luego la curiosidad intelectual ha sido la fuente de la mayoría de los problemas científicos, empezando, desde luego, por todos los importantes; la tecnología ha seguido frecuentemente la estela de la investigación pura, disminuyendo constantemente el desfase entre las dos.

### 3. EL METODO CIENTIFICO

Acerca del método se explican : su definición, su diferencia de la técnica y sus fases.

La palabra método viene de dos palabras griegas : "meta" que significa "con", y "odos" que quiere decir "camino"; indica por consiguiente una manera de proceder encaminada, no extraviada. Un procedimiento implica que las operaciones ejecutadas en él van unas tras otras guardando cierto orden.

Método científico es el procedimiento válido y fiable que han empleado los investigadores para descubrir las leyes por las cuales se rigen los hechos o las ideas. Método válido, porque mediante él se descubre lo que realmente se pretende descubrir; y fiable porque, en condiciones similares, siempre se llega al mismo resultado.

El método se distingue claramente de la técnica. "Metodo significa el proceso fundamental mediante el cual toda ciencia avanza. Técnica significa la manera particular en que se instrumenta el método general; hay muchas técnicas que a menudo difieren de un campo de cuestiones a otro. El método es general, la técnica es particular, por ej., la observación en biología, es un método; y la coloración del tejido nervioso con sales de plata es una técnica.

Por estar orientado hacia la ciencia, el método científico debe procurar lograr los requerimientos, características y finalidades de ella.

El método científico, como procedimiento general de la ciencia, comprende las siguientes fases (Fig. 1.1) : a) problema, b) hipótesis, c) observación, ch) experimentación, d) ley y e) teoría. Dichas fases no se desarrollan en un orden rígido, sino de una manera flexible de acuerdo con el problema que se investiga. El método científico da valiosas indicaciones para proceder en la investigación de una manera lógica evitan-

do errores, pero no suplanta la creatividad del científico.

#### 4. LA INGENIERIA

La ingeniería es la profesión en la cual los conocimientos de las ciencias formales y factuales obtenidos a través de estudio, experiencia y práctica son aplicados con criterio y con conciencia al desarrollo de medios de utilizar económicamente, con responsabilidad social, y basado en una ética profesional, los materiales y las fuerzas de la naturaleza para beneficio de la humanidad.

Haciendo un parangón con lo expresado para la ciencia, por Mario Bunge<sup>3</sup>, diremos que la ingeniería es valiosa como herramienta para domar a la naturaleza y remodelar la sociedad; es valiosa en si misma como clave para la inteligencia del mundo y del yo; y es eficaz en el enriquecimiento, la disciplina y la liberación de nuestra mente.

El ingeniero no debe estar reacio al estudio de la ciencia, porque no vé su utilidad. Basta meditar detenidamente para comprobar la inmensa utilidad del pensamiento científico. La ingeniería es ciencia aplicada y ha hecho posible la construcción de enormes obras, procesos y proyectos industriales; pero, a las ciencias puras, la física, la química, la matemática se deben los fundamentos de las teorías y procedimientos necesarios para ejecutarlos.

#### 5. UN PREREQUISITO DE LA METODOLOGIA

##### LA FORMACION DE UN AMBIENTE Y ESPIRITU CIENTIFICO

Una vez establecidas las características fundamentales de la ciencia y del método científico y hecha la distinción entre las diferentes clases de ciencia y esclarecido como la ingeniería es una ciencia aplicada aún no es posible realizar un trabajo científico en nuestras facultades de ingeniería sin tener un ambiente y un espíritu científico en ellas.

Poco avanzaríamos sin el rigor y la seriedad con las que esta atmósfera científica debe envolver a profesores y estudiantes.

### 5.1 NATURALEZA DEL AMBIENTE Y ESPIRITU CIENTIFICO<sup>5</sup>

El espíritu científico es, antes que nada, una actitud o disposición subjetiva del investigador que busca soluciones serias con métodos adecuados para el problema que enfrenta. Esa actitud no es innata en la persona. Se la conquista a lo largo de la vida, a costa de muchos esfuerzos y ejercicios. Puede y debe ser aprendida, nunca es, pues, heredada

El espíritu científico, en la práctica, se traduce por una mente crítica, objetiva y racional.

La conciencia crítica llevará a perfeccionar su capacidad de juicio y a desenvolver el discernimiento, capacitándolo para distinguir y separar lo esencial de lo accidental, lo importante de lo secundario.

Criticar es juzgar, distinguir, discernir, analizar para mejor poder evaluar los elementos componentes de un problema.

La conciencia objetiva, a su vez, implica un rompimiento valeroso con todas las posiciones subjetivas, personales y mal fundamentadas del conocimiento vulgar.

La objetividad es la condición básica de la ciencia. Lo que vale no es lo que algún científico imagina o piensa, es aquello que realmente es.

La objetividad del espíritu científico no acepta soluciones a medias ni soluciones apenas personales. El "yo lo hago" o el "creo que es así", no satisfacen la objetividad del saber.

---

5. Cervio y Bervian; Metodología Científica; página 14

Finalmente, el espíritu científico piensa racionalmente. Las razones explicativas de un problema sólo deben ser intelectuales o racionales.

Las "razones" que la razón desconoce son "razones" de la arbitrariedad, del sentimiento y del corazón, que nada explican ni justifican en el campo de la ciencia.

Además de las propiedades fundamentales ya referidas, se pueden presentar otras tantas cualidades de orden intelectual y moral que el espíritu científico implica.

Como virtudes intelectuales, tales cualidades se traducen en un sentido de observación, un gusto por la precisión y por las ideas claras, una imaginación osada, pero regida por la necesidad de la prueba, una curiosidad que lleva a profundizar los problemas, una agudeza y poder de discernimiento.

## 5.2 CONQUISTA LENTA Y DIFÍCIL

Todas esas virtudes y cualidades intelectuales y morales existen, indudablemente, desde que hay hombres sobre la faz de la tierra, al paso que la ciencia es una aventura del espíritu bastante reciente.

Se trata, por tanto, de reconocer que el espíritu científico es, antes que todo, un producto de la historia. Es una progresiva conquista de las técnicas que exigen investigaciones exactas y verificables.

Poco a poco, se instituye un mundo científico, un "ambiente" cuyas costumbres y leyes constituyen el espíritu científico.

La iniciación en las técnicas de trabajo, la familiaridad con el manejo de los instrumentos de laboratorio, la habilidad en el trato con las fuentes bibliográficas no se aprenden en un día.

### 5.3 IMPORTANCIA DEL ESPIRITU CIENTIFICO

Ante lo expuesto, es necesario destacar la importancia del espíritu científico. El universitario, por ejemplo, consciente de su función en la universidad, procurará imbuirse de este espíritu científico, perfeccionando sus métodos de investigación y mejorando sus técnicas de trabajo. Los conocimientos científicos que va a adquirir, los buenos o malos maestros que va a enfrentar, no constituirán lo esencial de su vida académica. Lo esencial es, todos concuerdan en esto, aprender a trabajar, a enfrentar y a solucionar los problemas que se presentan no sólo en la universidad, sino principalmente en la vida profesional. Y esto no es adquirir conocimientos científicos hechos, fórmulas mágicas para todos los males, sino hábitos, conciencia y espíritu preparado en el empleo de los instrumentos que llevarán a la solución de problemas. Estos siempre se presentarán, en la carrera profesional, con nuevos matices, de tal forma que las soluciones hechas, aprendidas al azar en la universidad, serán inadecuadas. Es necesario, entonces, apelar al espíritu de creatividad y de iniciativa que, unido al espíritu científico, adquirido a lo largo de los estudios universitarios, hallará la solución más indicada para las circunstancias.

## 6. LA METODOLOGIA DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA COMO CIENCIA

### 6.1 INTRODUCCION

Una característica importante de la ingeniería es su dinamismo, el cual impone una condición básica a la enseñanza que permita impartir al alumno una formación integral y el aprendizaje de métodos sistemáticos y una preparación adecuada para seguir el desarrollo de la ingeniería una vez acabada su carrera. Por ello la enseñanza de la ingeniería debe ser hecha de tal manera que favorezca el aumento de la creatividad y la capacidad de decisión del alumno.

## 6.2 ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La enseñanza debe ser hoy en día más activa y dinámica. El aprendizaje consiste en la elaboración y organización personal de nuevas relaciones y conocimientos, a partir del mundo referencial de cada uno. La enseñanza no es transmisión de conocimiento. El profesor funciona apenas como creador de situaciones y estímulos que deberán ser aprovechados por el alumno en su aprendizaje.

De ahí el nuevo tipo de escuela en la cual se le solicitará al alumno elaborar sus conocimientos, a través de la investigación.

Esto es muy bueno, pero al mismo tiempo también es muy peligroso. Peligroso, porque sin los conocimientos de las nuevas técnicas, el profesor podrá ser cómplice en la formación de un nuevo tipo de analfabeta : ni transmite más conocimiento, ni crea las condiciones para que el alumno elabore su saber.

Para controlar tal situación, el profesor deberá conocer y exigir de sus alumnos : el significado del método científico y de la investigación y la manera de elaborar una investigación y presentar sus resultados.

El aprendizaje tiene lugar a través de las experiencias de quienes aprenden, es decir, a través de las reacciones de los estudiantes frente a las actividades que deben realizar. En consecuencia, al planificar un programa educacional para alcanzar ciertos objetivos, se deben escoger aquellas actividades de aprendizaje que proporcionen a los estudiantes las experiencias adecuadas. Esta definición del aprendizaje implica , que cada estudiante participa activamente en el proceso de aprendizaje; y aprende en función de lo que hace, no de lo que hace el profesor.

La responsabilidad del profesor es proporcionar una experiencia educativa facilitando un contexto y estructurando la situación para estimular el tipo de reacción deseado. Las actividades deben ser variadas para que

cada estudiante encuentre significado en algunas de ellas. En consecuencia, el problema de seleccionar las actividades de aprendizaje no es otro que el de determinar las clases de experiencias capaces de producir determinados tipos de aprendizaje, según lo especificado por los objetivos.

### 6.3 LA INVESTIGACION COMO UNA ACTIVIDAD DEL APRENDIZAJE

La investigación es una actividad encaminada a la solución de problemas. Pretende dar respuesta a interrogantes, a través de los procesos del método científico.

La investigación es diferente de la consulta bibliográfica. Esta es una tarea simple y consiste en procurar resolver dudas recurriendo a algunas entradas del diccionario, enciclopedias y manuales. Cuando se anotan los datos consultados, se tiene una copia textual o libre, nunca una investigación.

Se distinguen dos tipos de investigación : el resumen de tema y la investigación científica original. Los universitarios difícilmente tienen las condiciones para hacer investigaciones científicas originales con hallazgos nuevos dentro de determinada ciencia. Harán, entonces, resúmenes de tema, analizarán y discutirán conocimientos e información ya publicados.

El resumen de tema exige la aplicación de los mismos procesos científicos utilizados en el trabajo científico original. No es copia sino la recolección de información sobre un tema, su comprensión, análisis, interpretación, comparación y aplicación a casos semejantes.

Exige reflexión y elaboración del tema, nueva y personal.

Este tipo de investigación aumenta los conocimientos y da el entrenamiento necesario para posibles investigaciones científicas originales.

De acuerdo con el objeto de investigación, la búsqueda puede ser también bibliográfica, de campo, de laboratorio.

#### 6.4 LAS TEORIAS CIENTIFICAS DE LA INGENIERIA

Para cada una de las áreas del conocimiento de cada ingeniería debe procurarse la formulación de una teoría científica, por ejemplo, teoría de los circuitos eléctricos, teoría de las máquinas eléctricas, teoría de los sistemas de potencia, etc., para el caso de la ingeniería eléctrica.

Cada teoría es la culminación de un proceso científico sin la cual no hay ciencia.

La importancia de las teorías se hace patente si nos percatamos de que :

- a. La función explicativa y de predicción se realiza en el seno de las teorías, la acción misma se basa en las teorías.
- b. La observación y la experimentación se realizan no sólo para recoger información y producir hipótesis, sino también para someter a contrastación (comprobación) las consecuencias de la teoría o para saber cual es su dominio de validez.

El camino que se sigue va de los datos (que es la evidencia con la que contamos) al problema; del problema a la hipótesis; de la hipótesis a la ley; de la ley a la teoría; y luego de la teoría a la proyección de la teoría sometiendo ésta a la contrastación para obtener nuevamente la evidencia.

A través de todo este proceso es necesario formular axiomas, postulados, definiciones, convenciones y leyes; mostrándole al estudiante de ingeniería como se va formando un sistema de conocimientos coherentes y encadenados que resulta en una teoría de una área del conocimiento (Fig. 6.2).

- 1 La descripción matemática que formula aproximadamente el comportamiento físico del componente o del sistema bajo consideración.
- 2 La descripción matemática del comportamiento de todo el sistema con la formulación de leyes de interconexión entre los elementos, convenciones, definiciones, etc. procurando su simplificación para llegar al modelo del sistema (el sistema idealizado) (Fig. 6.2).
- 3 El análisis del problema mediante la solución analítica del modelo.
- 4 La contrastación del modelo y su solución con la realidad mediante la verificación y la comprobación científica.

## CONCLUSION

La metodología propuesta se ha venido implementando poco a poco en el Plan de Estudios de Ingeniería Eléctrica en el área de Circuitos Eléctricos. Los resultados hasta ahora han sido satisfactorios, encontrándose una mayor motivación del estudiantado hacia la profundización de conocimientos, el estudio de temas y problemas adicionales a los presentados en clase y en general un mayor interés hacia el trabajo científico.

Sin embargo, se tienen dificultades para su implementación fundamentalmente por el recargo académico de los estudiantes y de los profesores y lo cual impide además una mayor labor de conjunto. Falta además su promoción e implementación en otras áreas del Plan de Estudios.

En la ingeniería cabe destacar un componente fundamental : Las Teorías Tecnológicas, las cuales se clasifican en teorías sustantivas y teorías operativas. Las teorías tecnológicas sustantivas son esencialmente aplicaciones de teorías científicas a situaciones aproximadamente reales; así por ejemplo una teoría de vuelo es esencialmente una aplicación de la dinámica de los fluidos, la teoría del funcionamiento de un transformador es una aplicación de la teoría científica del electromagnetismo.

Las teorías tecnológicas sustantivas tienen siempre a sus espaldas teorías científicas, mientras que las teorías operativas nacen en la investigación aplicada y pueden tener poco o nada que ver con las teorías sustantivas. Aquí encontramos uno de los mayores errores que se comete cuando se limita la enseñanza y el ejercicio de la ingeniería tan solo a las teorías operativas llegando incluso a tenerse tan solo técnicas operativas.

Las teorías tecnológicas de la ingeniería pueden clasificarse además en materiales, conceptuales y generales. (ver figura 6.1).

#### 6.5 EL METODO DE ANALISIS COMO ACTIVIDAD DEL APRENDIZAJE

La construcción de una teoría para el estudiante debe hacerse de una forma coherente y sistemática de acuerdo al concepto de ciencia, aludiendo a las leyes, teorías y modelos que la integran. De ahí la importancia de conocer, describir y comprender las funciones de tales elementos, que representan los resultados de la aplicación al método científico.

Es importante en cada teoría desarrollar un método de análisis de los problemas planteados que fundamentalmente debe contener las siguientes consideraciones o pasos.

- 1) Una descripción del comportamiento físico del elemento o del sistema, con base en las teorías de las ciencias factuales (física, química, biología, etc.).

## BIBLIOGRAFIA

- Yuren C. María Teresa, *Leyes, Teorías y Modelos*, Editorial Trillas, Mexico, 1983.
- Bunge Mario, *La Investigación Científica*, Ariel Editores, Barcelona, 1969.
- Bunge Mario, *Epistemología*, Ariel Editores, Barcelona, 1981.
- Bunge Mario, *La Ciencia, su Método y Filosofía*, Editorial Colombia, Bogotá, 1982.
- Bunge Mario, *Teoría y Realidad*, Ariel Editores, Barcelona, 1981.
- López José Luis, *Método e Hipótesis Científicos*, Editorial Trillas, Mexico, 1983.
- Rivera Melesio, *La Comprobación Científica*, Editorial Trillas, Mexico, 1983.
- Harrisberger Lee, *Developing the Compleat Engineer*, Engineering Education, Proceeding 1979.
- Cervo A. L. y Bervian P.A., *Metodología Científica*, McGraw Hill, 1982.

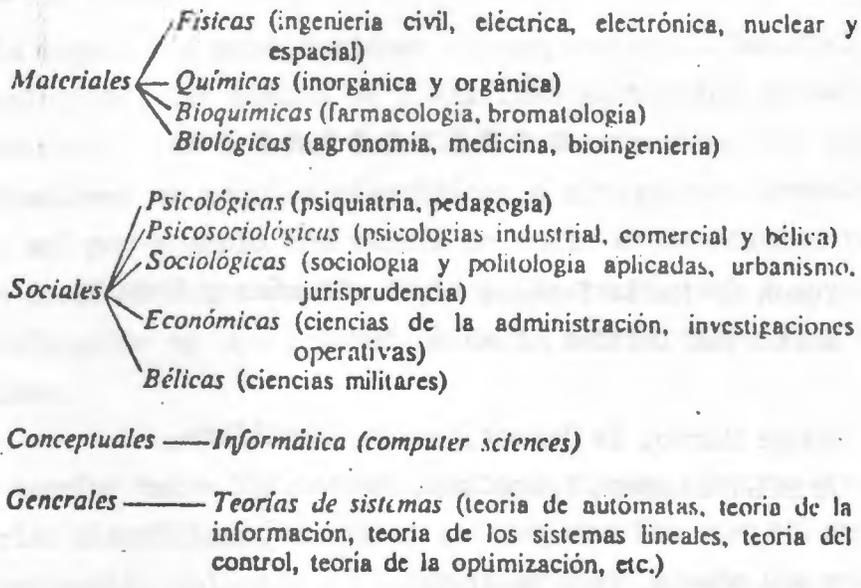
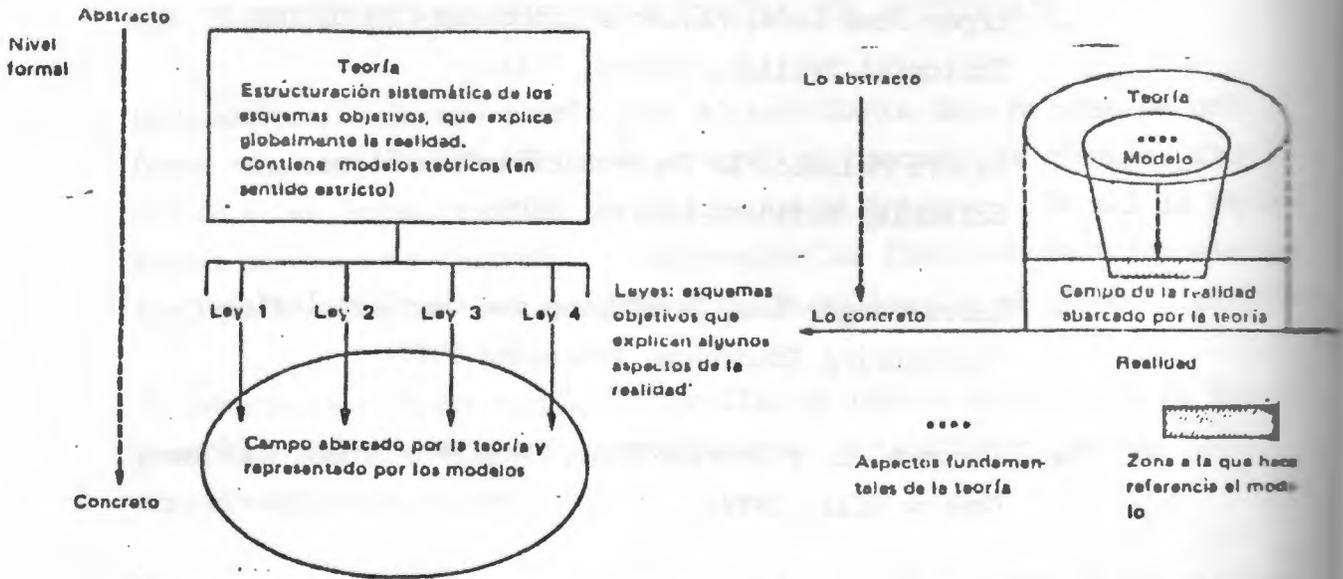


Fig. 6.1 Las Ramas de la Tecnología y la Ingeniería



a) La Teoría del Conocimiento

b) Teoría y Modelo

Fig. 6.2 Las Teorías Científicas en Ingeniería

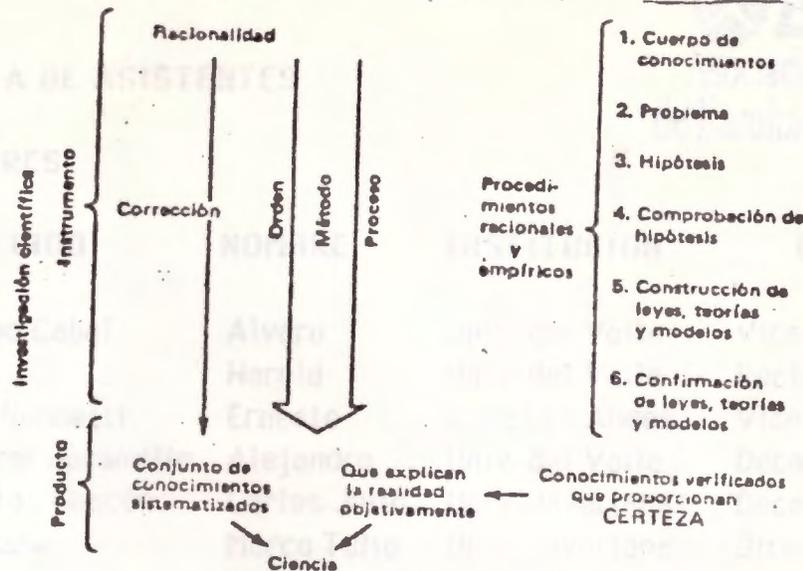


Fig. 1.1 La Ciencia y el Método Científico

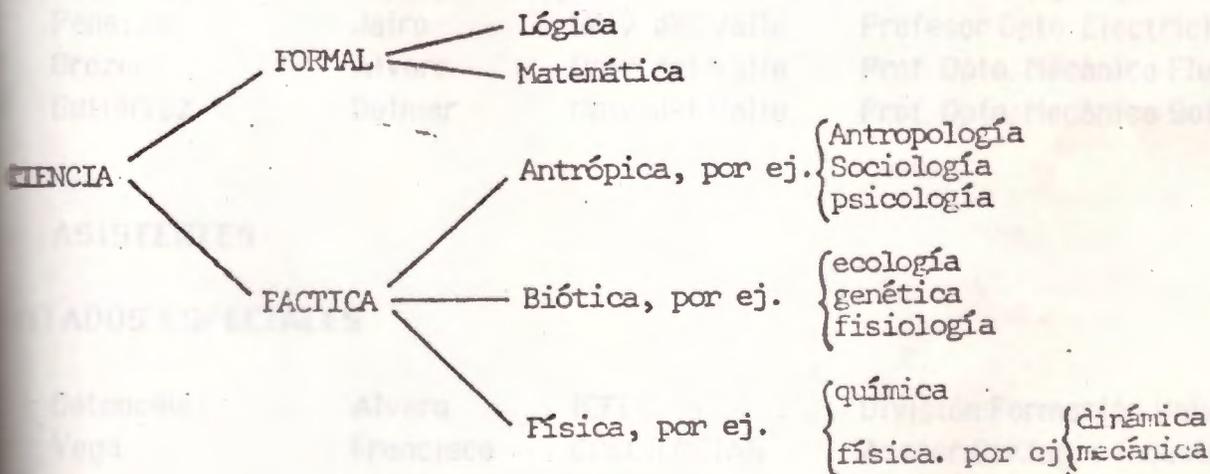


Fig. 2.1 Clasificación de las ciencias por su objeto de estudio

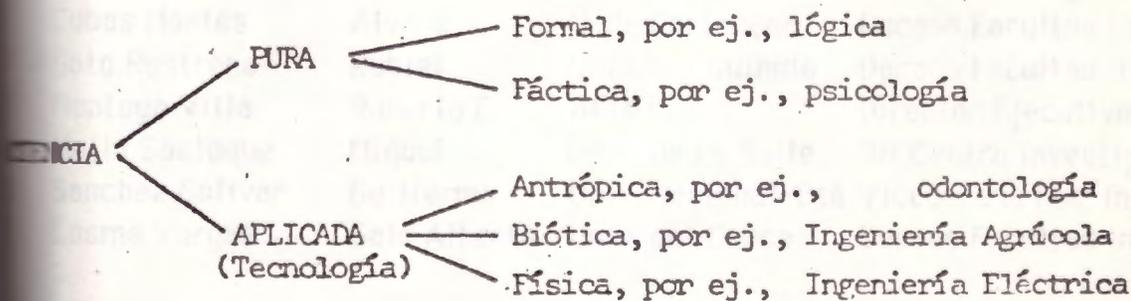


Fig. 2.2 Clasificación de las ciencias de acuerdo a sus objetivos y Alcance

## SERIE DOCUMENTOS ACOFI

### TITULOS PUBLICADOS

---

- No. 1 III REUNION NACIONAL DE DECANOS DE INGENIERIA**  
Universidad del Norte Barranquilla; Septiembre 29 y 30 de 1983  
Temas: - Calidad de la Enseñanza  
- Servicio Social Obligatorio  
- Ciclo Básico  
- Problemática de las Ciencias Básicas
- No. 02 PROGRAMA DE DISEÑO Y EVALUACION CURRICULAR**  
- Taller de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín 7 al 10 de Agosto de 1984.  
- Taller de Ingeniería Civil, Universidad de Cartagena Cartagena, 28 al 31 de agosto de 1984.
- No. 03 INFORMACION 1981 SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA DE COLOMBIA.**
- No.04 PROGRAMA DE DISEÑO Y EVALUACION CURRICULAR**  
- Taller de Ingeniería de Sistemas, Bogotá, 30 de julio al 2 de Agosto de 1985
- No. 05 LA CRISIS DE LA EDUCACION METAS CUALITATIVAS HACIA EL AÑO 2000. DR. Ramón de Zubiria**  
**DESARROLLO CIENTIFICO Y HUMANISTICO DE LA UNIVERSIDAD COLOMBIANA. Dr. Humberto Serna Gómez**
- 
- Serie Memorias de Eventos Científicos Colombianos - ICFES  
**No. 39 QUINTA REUNION NACIONAL DE DECANOS DE INGENIERIA**
-

0016  
No. 06 **VI REUNION NACIONAL DE FACULTADES DE INGENIERIA**  
Corporación Universitaria de Ibagué, CORUNIVERSITARIA, Ibagué  
1986, 17 al 19 de Septiembre "La Formación del Ingeniero  
en Colombia hacia el Futuro".

No. 07 **PRIMER FORO PREPARATORIO DE LA VII REUNION NACIONAL  
DE FACULTADES DE INGENIERIA.**  
"Calidad del Bachiller y Sistemas de Admisión" Bogotá, 27 de  
febrero de 1987

No. 08 **SEGUNDO FORO PREPARATORIO DE LA VII REUNION  
NACIONAL DE FACULTADES DE INGENIERIA**  
"Factores No Académicos de la Deserción"  
Universidad de los Andes, Bogotá, 15 de mayo de 1987

No. 09 **TERCER FORO PREPARATORIO DE LA VII REUNION NACIONAL  
DE FACULTADES DE INGENIERIA**  
"Formación General y Humanística"  
Universidad Libre, Bogotá 31 de julio de 1987

No. 10 **VII REUNION NACIONAL DE FACULTADES DE INGENIERIA**  
"La Deserción Académica en las Facultades de Ingeniería"  
Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín,  
17 al 19 de septiembre de 1987.

No. 11 **I FORO PREPARATORIO DE LA VIII REUNION NACIONAL DE  
FACULTADES DE INGENIERIA**  
"La Calidad Nacional en los Currículos de Ingeniería"  
Universidad de Los Andes, Bogotá, 4 de marzo de 1988.

No. 12 **II FORO PREPARATORIO DE LA VIII REUNION NACIONAL DE  
FACULTADES DE INGENIERIA**  
"Ética en Ingeniería"  
Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 28 de Mayo de 1988

No. 13 **III FORO PREPARATORIO DE LA VIII REUNION NACIONAL DE  
FACULTADES DE INGENIERIA**  
"La Calidad en la Enseñanza de la Ingeniería"  
Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 19 de Agosto de 1988

No. 14 **VIII REUNION NACIONAL DE FACULTADES DE INGENIERIA**  
"Las Facultades de Ingeniería Ante la Crisis Nacional"  
Universidad del Cauca, 15 al 17 de septiembre de 1989.

**LISTA DE ASISTENTES**

**POSITORES**

<b>APELLIDO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>INSTITUCION</b>	<b>CARGO</b>
Campo Cabal	Alvaro	Univ. del Valle	Vice-Rector Académico
Rizo	Harold	Univ. del Valle	Rector
Guhl Nannetti	Ernesto	U. de Los Andes	Vice-Rector
Salazar Jaramillo	Alejandro	Univ. del Valle	Decano Facultad Ing.
Cuartas Chacón	Carlos Julio	Univ. Javeriana	Decano Acad.Facultad Ing.
Arellano	Marco Tulio	Univ. Javeriana	Director Dpto. Ing. Civil
Meza	Margarita de	U. de Los Andes	Decano Facultad Ciencias
Stovenel	Aida de	Univ. del Valle	Vicedecana Curricular
Duran	Hernando	U. de Los Andes	Decana Facultad Ing.
Lopera	Bernardo	Pont. Bolivariana	Jefe Dpto.Ciencias Básicas
Diaz	Omar	Aut. Occidente	Profesor Prog. Ing. Mecánica
Panesso	Jairo	Univ. del Valle	Profesor Dpto. Electricidad
Orozco	Alvaro	Univ. del Valle	Prof. Dpto. Mecánica Fluidos
Gutierrez	Delmar	Univ. del Valle	Prof. Dpto. Mecánica Solidos

**ASISTENTES**

**MITADOS ESPECIALES**

Betancourt	Alvaro	ICFES	División Formación Univ.
Vega	Francisco	COLCIENCIAS	Asesor Div.Ing. e Industria

**SEJO DIRECTIVO Y DIGNATARIOS ACOFI**

Molina Acosta	Luis Carlos	Pont.Bolivariana	Decano Fac. Ing. Eléctrica
Cubas Montes	Alvaro	U. de Cartagena	Decano Facultad Ing. Civil
Soto Restrepo	Rubiel	Univ. del Quindío	Decano Facultad Ing. Civil
Montoya Villa	Roberto E.	ACOFI	Director Ejecutivo
Mejia Sastoque	Miguel	Univ. de La Salle	Dir.Centro Investigación
Sanchez Bolivar	Guillermo	Univ. Nacional-Btá	Vicedecano Fac. Ingeniería
Cosme Vargas	Galo Alberto	Univ. del Cauca	Decano Facultad Ing. Civil

**UNIVERSIDAD SEDE**

24	Manrique	Alfonso	Univ. del Valle	Dpto. Procesos Químicos
25	Ramirez	Carlos	Univ. del Valle	Dir. Plan Estudios Ing. Civil
26	Grajales	Mario	Univ. del Valle	Departamento Química
27	Varela	Rodrigo	Univ. del Valle	Dpto. Información- Sistemas
28	Garcia	Martha de	Univ. del Valle	Dpto. Información- Sistemas
29	Arbelaez	Daniel	Univ. del Valle	Profesor
30	Blanco	Myriam	Univ. del Valle	Dir. Plan Estudios Ing. Indust.
31	Caviedes O.	Gilbert	Univ. del Valle	Secretario Acad. Fac. Ing.
32	Elvira	Luis	Univ. del Valle	Vicedecano Académico
33	Villamarin	Edgar	Univ. del Valle	Dir. Plan Estudios Ing. Eléct.
34	Naranjo	Fernando	Univ. del Valle	Dpto. Procesos Químicos
35	López	Alfredo	Univ. del Valle	Dpto. Mecánica Sólidos
36	Tafur Varón	Jaime	Univ. del Valle	Dir. Tecnología en Sistemas
37	Alvarez	Jairo	Univ. del Valle	Dpto. de Matemáticas
38	Aponte	Guillermo	Univ. del Valle	Dpto de Electricidad

**OTROS**

39	Serrano	Mauricio	U. Javeriana-Cali	Dir. Carrera Sistemas
40	Mercado Cruz	Norma	Univ. Antioquia	Jefe Ing. Electrónica
41	Moreno Gómez	Raúl	Corp. U. Ibagué	Decano Fac. Ing. Industrial
42	Salazar	Luis C.	Univ. Quindío	Profesor
43	Duarte	Julio	Univ. Cartagena	Profesor Dpto. de Física
44	Mojica Armella	Gustavo A.	Univ. Libre	Dir. Dpto Ciencias Básicas
45	Gutierrez G.	Carlos I.	Univ. Nacional-Btá	Miembro Comité Asesor
46	Muñoz David	Armando	Univ. de Nariño	Jefe Dpto. Ingeniería
47	Parra R.	Dario	Univ. EAFIT	Jefe Dpto. Ciencias Básicas
48	Diaz	Jose	Univ. del Cauca	Profesor Ing. Electrónica
49	Polanco de H.	Margarita	Univ. del Cauca	Profesora Ing. Civil
50	Perez Restrepo	Jaime	Univ. del Cauca	Profesor Ing. Civil.
51	Rojas Pineda	Eduardo	Univ. del Cauca	Secretario Acad. Ing. Elect.
52	Posada Valencia	Humberto	U. Nacional-M/les	Director Carrera Ing. Civil
53	Astudillo	Hernán	Aut. Occidente	Vicedecano Div. Ingeniería