



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

INTRODUCCIÓN

A LA

INGENIERÍA

TEÓRICO

2017

Imprenta Cooperativa Ceicin

Nicolás Ponce

Ing Civil

Temas	Página
Desarrollo de la Asignatura	1
La profesión del Ingeniero	5
Congreso Mundial de Ingeniería 2010	18
La revolución científico- tecnológica y la sociedad de la información	41
Rol de conocimiento en la producción durante la revolución científico tecnológica	51
Ética Profesional	54
El Modelo FMOI de Código de Ética de los Ingenieros	68
Modelos	78
Proceso de diseño y problemas tecnológicos	94
Libro de Krick	107
Lectura sugerida	
<ul style="list-style-type: none"><li>• ¿Para qué la filosofía de la tecnología? Héctor José Huyke</li><li>• Entrevista a Miguel Ángel Sosa, titular del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería ( CONFEDI)<ul style="list-style-type: none"><li>• En busca de talentos (CAI)</li><li>• Estadísticas</li><li>• Disertación del Dr Aquiles Gay</li></ul></li></ul>	

## INTRODUCCION A LA INGENIERIA 2017

### A. Desarrollo de la Asignatura

1. Se realizará de acuerdo con el programa aprobado.
2. Las clases Teórico - Prácticas se desarrollarán en los horarios establecidos, basándose en el calendario y en los turnos fijados por las autoridades de la Facultad, con la obligatoriedad de asistencia, de como mínimo al 80% de las clases, para obtener la condición de **Promoción sin Examen Final, y de Alumno Regular.**
3. Las clases se dictarán en conjunto para todos los estudiantes. En el inicio de la clase se realizará una descripción conceptual del tema a tratar, el que habrá sido enunciado en la clase anterior. A continuación se instrumentará un debate y/o el desarrollo de ejercicios sobre el tema de la clase, el que deberá haber sido estudiado por los estudiantes, por lo menos, en la bibliografía básica establecida por la cátedra. Si en la clase se realizan ejercicios, se deberán entregar antes de finalizar las clases uno por grupo como mínimo.  
En cada clase se procurará calificar los estudiantes, sea por su intervención en la clase y/o por los trabajos desarrollados.
4. El Trabajo Final se desarrollará fuera de las horas de clase. Será presentado según las indicaciones del profesor y calificado como aprobado o no aprobado. La falta de presentación del trabajo en tiempo y forma, implica la no aprobación.
5. Los estudiantes podrán concurrir a horarios de consulta en alguno de los horarios establecidos de acuerdo con la distribución oportunamente realizada. En estos horarios, se podrán realizar consultas sobre la ejecución del Trabajo Final o sobre conceptos trabajados.

### B. Evaluación

6. Para los parciales, el Trabajo Final y las intervenciones en clases o actividades indicadas por el docente los criterios de evaluación que se adoptarán son:
  - Precisión conceptual.
  - Establecimiento de correctas relaciones entre los conceptos.
  - Argumentación pertinente a la temática. (*Contempla visión critica, convencer al otro, flexibilidad*)
  - Contextualización. (*Aspectos sociales, geográficos, económicos y tecnológicos*)
  - Pertinencia en la aplicación de de metodologías.
  - Creatividad.
  - Claridad y nitidez en la presentación. (*Comunicación*)

7. En las clases Teórico-Prácticas el estudiante podrá ser calificado:

- a.- Por su participación en el desarrollo de las clases, su interés en la materia, los aportes que hiciera en clase, etc.
- b.- Por los trabajos prácticos desarrollados.

### C. Evaluación Final, Alumno Regular y Promoción

8. El estudiante puede aprobar la materia según las siguientes modalidades:

- a.- *Promoción sin examen final.*
- b.- *Coloquio final para alumnos regulares.*
- c.- Por *examen Teórico-Práctico* de la asignatura en los turnos de examen que fije la facultad.

9. Para optar por el sistema de promoción sin examen final el estudiante deberá cumplir con todos los requisitos establecidos en el Régimen de Enseñanza.

10. Se obtendrá la *promoción sin examen final*, cuando además de cumplir con las condiciones de asistencia ( 80%), presentación y aprobación del Trabajo Final, los estudiantes tengan promedio general no inferior a 60 puntos obtenidos promediando la suma de:

- a.- El promedio de las calificaciones de las clases Teórico - Prácticas.
- b.- Las dos notas obtenidas en las pruebas parciales de evaluación en la fecha establecida por el docente.
- c.- Ninguna de las instancias de evaluación (los dos parciales y la calificación de las clases Teórico – Practico), deberán tener una nota inferior a 60 puntos.
- e.-Podrán realizar una evaluación de recuperación aquellos estudiantes que no hubieran rendido uno de los parciales de Teórico - Práctico, o tuvieran calificación insuficiente. En ningún caso podrá recuperarse más de un parcial.

11. Cuando no se cumplan las condiciones establecidas en el punto 10, el estudiante podrá obtener la condición de *Alumno Regular* si tiene el 80% de la asistencia y un parcial con 60 puntos o más y el trabajo final aprobado. Para acreditar la materia deberá rendir un examen teórico-práctico fundamentalmente conceptual y aplicado. El examen será escrito y/u oral, abarcando todos los temas del programa y deberá rendirse en algunos de los cuatro turnos de exámenes posteriores al cursado.

12. Para la *Acreditación De La Materia Por Examen Final* deberá presentarse en los turnos de exámenes que fija la facultad. El examen será escrito y/u oral, abarcando todos los temas del programa.

13. En todos los casos, promoción o examen, se considerará programa completo aunque razones de fuerza mayor hubieran impedido completarlo en las clases

normales, y la nota final será única, comprendiendo todos los aspectos teóricos y prácticos de la asignatura en forma global.

**14.** Los estudiantes que promocionen la materia, a fines que la aprobación de la misma conste en el archivo de su actuación académica, **DEBERÁN ESTAR MATRICULADOS**. Bajo ningún concepto se permitirá la promoción de estudiantes que no estén oficialmente MATRICULADOS en las listas que a tal efecto envía el Despacho de Estudiantes.

**15.** Los estudiantes que hayan promocionado se deberán presentar preferentemente en cualquiera de los próximos cuatro **turnos de examen** a efectos que se les firme la Libreta. **Todos los casos no contemplados en el presente Régimen serán resueltos por la Cátedra en su oportunidad.**

#### **D. Trabajo Grupal**

**16.** Con el objeto de favorecer el intercambio de ideas, el Trabajo Final y las actividades de clase que el docente indique se desarrollarán en grupo, el cual quedara definido el primer día de clases y deberá estar conformado con un mínimo de cuatro integrantes y un máximo de seis.

**17.** Las actividades de clase se deberán presentar al finalizar la misma en forma prolífica y clara.

#### **E. Trabajo Final**

**18.** Se pretende que esta actividad favorezca el aprendizaje activo, centrado en experiencias significativas y motivantes, los objetivos son:

- Comprender el accionar del ingeniero en el marco de la compleja red ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente.
- Fomentar el pensamiento crítico y la toma de conciencia.
- Practicar el diálogo, la discusión grupal y la cooperación.

**19.** Cada grupo seleccionara un producto, proyecto o sistema ingenieril vinculado con su especialidad (ejemplo: industrias papeleras, centrales nucleares, proyecto de tren bala Córdoba- Bs. As. sistema de peajes, privatización de aeropuertos, clonación, antenas para telefonía celular, etc.), luego se realizará una exposición oral en la fecha que el docente indique (se podrá utilizar, afiches, fotos, etc.), desarrollando como mínimo los siguientes aspectos:

- a. Breve descripción del producto, proyecto o sistemas.
- b. Aspectos favorables del proyecto (expuestos por una parte de los integrantes del grupo).

- c. Aspectos desfavorables del proyecto (expuestos por la otra parte de los integrantes del grupo).
  - d. Debate.
  - e. Conclusión.
  - f. Referencia.
20. El trabajo además se deberá presentar **en forma digital** con un máximo de 5.000 palabras desarrollando como mínimo los aspectos indicados en el punto 19, pudiéndose incluir los anexos que se consideren pertinentes. La letra será Arial 12, los títulos de las secciones escritos con letras mayúsculas y minúsculas en negrita. Las Tablas referenciadas en el texto de la siguiente forma: Tabla 1, Tabla 2, etc. Las tablas deben ser presentadas como parte del texto, pero de forma que no se confundan con el mismo. El título de cada tabla se coloca encima de la misma. Las Figuras deben ser referenciadas en el texto de la siguiente forma: Fig. 1, Fig. 2,... y presentadas también como parte del texto, debiendo dejar espacio suficiente entre ellas y el texto de forma que su leyenda no se confunda con el mismo. La leyenda debe ser independiente de la Figura y colocada *abajo* de ésta.

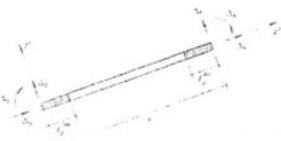


Figura 1: elemento de barra

Las referencias se citan en el texto entre paréntesis rectos; referencias distintas citadas simultáneamente pueden ser agrupadas en un mismo par de paréntesis rectos. Las referencias deben ser numeradas de acuerdo con el orden en que aparecen en el texto y listadas al final del artículo en una sección denominada "Referencias" (vea el ejemplo siguiente).

#### Referencias

- (1) ACI Committee 232 (2002). "Guide to Durable Concrete", *Instituto Americano del Hormigón*, Michigan. EEUU.
- (2) Davis, R.E. et al (1937). "Properties of Cements and Concretes Containing Fly Ash", *ACI Journal Proceedings*, Vol. 33, Núm. 5, pp. 577 - 612.
- (3) EHE-98 (1998). "Instrucción Española del Hormigón Estructural", *Ministerio de Fomento*, Madrid.

## La profesión del ingeniero

Mgter. Inga. Gabriela Durán

### A. Definición

La profesión del Ingeniero, se puede comprender como las actividades que realizan hombres o mujeres que ejercen la ingeniería, esto nos lleva preguntarnos: ¿Qué es la ingeniería?, aparentemente puede ser una pregunta obvia para las personas que han decidido estudiar ingeniería, es decir que tienen intenciones de diseñar aeropuertos, computadoras, automóviles, etc. o piensan dedicarse a construir y/o mantener edificios, centrales hidroeléctricas, helicópteros, etc. o como señala Billy Koen, a la pregunta ¿Qué es la ingeniería o ¿Qué es un ingeniero? generalmente se responde: *"es una persona que fabrica productos químicos, aviones, puentes, carreteras; de los productos químicos, una persona común y corriente infiere la existencia de un ingeniero químico; de los aviones, la de un ingeniero aeronáutico; y de los puentes y carreteras la de un ingeniero civil. No sólo las personas corrientes, sino también los ingenieros mismos cometemos ese error. Debe insistirse en que los ingenieros no se caracterizan por lo que producen, por lo que hacen, sino por la manera como lo hacen, independientemente del producto final, pues detrás de cada producto químico, cada carretera o cada avión se esconde la actividad común que va desde su concepción hasta su concreción"*. Esta unidad – de acuerdo con Koen – es el método ingenieril<sup>1</sup>.

Definir la Ingeniería entonces no resulta tan sencillo, incluso para los propios ingenieros, por eso, la Comisión de Enseñanza del Centro Argentino de Ingenieros (CAI)<sup>2</sup> en el año 2003 realizo un trabajo para elaborar una propuesta de definición, que tenía como objetivo **dar a conocer a la sociedad la esencia de lo que debería ser la ingeniería.**

Para encarar la tarea, la comisión aplicó una metodología secuenciada en los pasos que se describen brevemente a continuación:

**1º Paso:** En esta etapa se comenzó con la búsqueda de definiciones de "Ingeniería", para tener una orientación inicial. Con la intención de realizar un análisis de las mismas, se acordó que dentro de la estructura de la definición se deberían reconocer los conceptos de:

- Objeto (¿qué trata?). Pueden ser:

**Objeto material:** es aquello sobre lo que trata una disciplina, para modificarlo mediante acciones que actúan directamente sobre el mismo, con el fin de lograr el o los objetivos buscados, ejemplo: la geología tienen como objeto material: la tierra. Mediante la geología se determina por ejemplo donde perforar – modificar el objeto – para extraer petróleo.

**Objeto formal:** es el punto de vista que determina los aspectos que interesan, desde el que una disciplina estudia su objeto material, ejemplo: para el objeto material tierra, a la geología le interesa la composición de las capas terrestres.

- Objetivo (¿para qué?), es decir la necesidad fundamental que se pretende satisfacer con el ejercicio de la profesión.
- Metodología (¿Cómo?), entendido como un conjunto de etapas seguidas para estudiar y transformar el objeto material, desde el punto de vista del objeto formal, para lograr el objetivo.

Los resultados de este paso se observa en la tabla 1, incluyendo además la definición del Dr. Gay.

Definiciones de Ingeniería				
N	Definición y fuente	Objeto	Objetivo	Metodología
1	La ingeniería eleva los niveles de vida		Elevar el nivel de vida	
2	La ingeniería es arte asistido por la ciencia ( <b>Bignoli</b> )			Arte asistido por la ciencia
3	Al ingeniero le corresponde el trabajo de revestir el esqueleto de la ciencia con vida, confort y esperanza		Vida, confort, esperanza	Revestir el esqueleto de la ciencia
4	La ingeniería utiliza las fuerzas y los elementos de la naturaleza para el servicio del hombre y el bien de la humanidad	Fuerzas y elementos de la naturaleza	Servicio del hombre y bien de la humanidad	

N	Definición y fuente	Objeto	Objetivo	Metodología
5	La ingeniería es el arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos inciertos e incompletos, con el fin de obtener para cierto problema, aquella entre las posibles soluciones, que funcione de manera más satisfactoria ( <b>Hardy Cross</b> )	Decisiones importantes, conjunto de datos inciertos e incompletos, problemas	Obtener entre las posibles soluciones de un problema, aquella que funcione de manera más satisfactoria	Arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos inciertos e incompletos para solucionar un problema
6	La ingeniería es una tecnología diferenciada por el objeto de la misma (material físico) que constituye por lo tanto un cuerpo de conocimientos compatible con la ciencia coetánea, controlable con el método científico y que se la emplea para controlar, transformar o crear cosas o procesos, naturales o sociales. ( <b>Mario Bunge</b> )	Materiales físicos	Controlar, transformar o crear cosas o procesos, naturales o sociales	Conocimientos compatibles con la ciencia coetánea y controlables por el método científico, empleados para controlar, transformar o crear cosas o procesos, naturales o sociales
7	El arte de crear lo que no hay en la naturaleza del hombre ( <b>Ortega y Gasset</b> )	Lo que no hay en la naturaleza del hombre	Crear lo que no hay en la naturaleza del hombre	El arte de crear
8	Conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y de las fuentes de energía, mediante invenciones o construcciones útiles para el hombre ( <b>Diccionario fascículos de La Nación</b> )	Materia y fuentes de energía	Utilización de la materia y de las fuentes de energía mediante Invenciones y construcciones útiles al hombre	Conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y de las fuentes de energía
9	La ingeniería es una profesión que se ocupa de resolver los problemas de la sociedad, procurando elevar la calidad de vida de las personas, preservar el medio ambiente, garantizar la paz evitando la guerra, para lo cual emplea, transforma y administra los materiales y las formas de energía que encontramos en la naturaleza ( <b>Sobrevilla</b> )	Materiales y formas de energía	Resolver los problemas de la sociedad, procurando elevar la calidad de vida de las personas, preservar el medio ambiente, garantizar la paz evitando la guerra.	Emplea, transforma y administra los materiales y las formas de energía que encontramos en la naturaleza

N	Definición y fuente	Objeto	Objetivo	Metodología
10	Ingeniería: arte de aplicar los conocimientos científicos a la invención, perfeccionamiento o utilización de la técnica industrial en todas sus determinaciones ( <b>diccionario s/ Pardo</b> )	Técnica industrial	Invención, perfeccionamiento o utilización de la técnica industrial en todas sus determinaciones	Arte de aplicar los conocimientos científicos a la técnica industrial
11	La ingeniería es la ciencia, que con la técnica y el arte, aplicando la matemática y las ciencias naturales, crea y desarrolla sistemas, elementos y obras físicas mediante el empleo de energía y materiales, para proporcionar a la humanidad, con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida ( <b>Academia Nacional de Ingeniería / Ponencia argentina para el MERCOSUR</b> )	Sistemas, elementos y obras físicas	Proporcionar a la humanidad, con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida	Ciencia, que con la técnica y el arte, aplicando matemática y las ciencias naturales crea y desarrolla sistemas , elementos y obras físicas mediante el empleo de energía y materiales
12	Ingeniería es el arte de aplicar los conocimientos alcanzados, el método científico y el perfeccionamiento constante de la técnica industrial – para asegurar un permanente y eficiente progreso humano, económico y social – a la consideración de la creciente complejidad de los problemas que afectan a la vida material del hombre, a sus instituciones y al entorno en que vive y actúa ( <b>Juan Alberto Pardo</b> )	Técnica industrial	Asegurar un permanente y eficiente progreso humano, económico y social	Arte de aplicar los conocimientos alcanzados, el método científico y el perfeccionamiento constante de la técnica industrial, considerando la creciente complejidad de los problemas del hombre, a sus instituciones y al entorno en que vive y actúa.
13	La ingeniería es el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos, que con la técnica y el arte analiza, crea y desarrolla sistemas, productos, procesos y obras físicas, mediante el empleo de la energía y materiales para proporcionar a la humanidad con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida preservando el medio ambiente.	Sistemas, productos, procesos y obras físicas mediante el empleo de la energía y materiales	Proporcionar a la humanidad con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida preservando el ambiente	Conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos, que con la técnica y el arte analiza, crea y desarrolla sistemas , productos, procesos y obras físicas, mediante el empleo de la energía y los materiales.

N	Definición y fuente	Objeto	Objetivo	Metodología
14	La ingeniería es una gran profesión, fascina ver como un fragmento de la imaginación emerge con la ayuda de la ciencia, en un dibujo en el papel y luego se transforma en una realización en piedra o metal o energía y trae trabajo y hogares a hombres y mujeres y eleva los niveles de vida y agrega al confort humano. Y ese es el gran privilegio de los ingenieros ( <b>Herbert Hoover</b> )	Piedra, metal o energía	Traer trabajo y hogares a hombres y mujeres y elevar los niveles de vida y agregar al confort humano	Uso de la imaginación ayudada por la ciencia que permite el diseño en un papel que luego se transforma en realizaciones en piedra, metal o energía
15	Al ingeniero le corresponde el trabajo de revestir el esqueleto de la ciencia con vida, confort y esperanza	Esqueleto de la ciencia	Revestir el esqueleto de la ciencia con vida, confort y esperanza	
16	El ingeniero es quien utiliza las fuerzas y los materiales de la naturaleza para el servicio del hombre y el bien de la humanidad. Para cumplir con esos fines se requiere en primer lugar, que conozca dichas fuerzas y materiales de la naturaleza y las leyes que regulan las transformaciones e interacciones, es decir, que conozca la ciencia pura. Y debe, además, penetrar en la ciencia aplicada que prepara los conocimientos de aquella para su empleo inmediato con fines de utilidad práctica. ( <b>Enrique Butty</b> )	Fuerzas y materiales de la naturaleza	Utilizar las fuerzas y los materiales de la naturaleza para el servicio del hombre y el bien de la humanidad	Conocimiento de las fuerzas y materiales de la naturaleza y las leyes que regulan las transformaciones e interacciones,. Es decir la ciencia pura y la ciencia aplicada que prepara los conocimientos de aquella para su empleo inmediato con fines de utilidad práctica.
17	La ingeniería es una profesión principalmente relacionada con la aplicación de un cierto volumen de conocimientos, ciertas habilidades y un punto de vista en la creación de dispositivos, procesos y estructuras empleadas para transformar recursos llevándolos a formas que satisfagan las necesidades de la sociedad ( <b>Edward V. Krick – Introducción a la Ingeniería y al proyecto de Ingeniería – Ed. Limusa-Wiley, México, 1968</b> )	Dispositivos, procesos y estructuras empleadas para transformar recursos	Satisfacer las necesidades de la sociedad	Aplicación de un cierto volumen de conocimientos, ciertas habilidades y un punto de vista, en la creación de dispositivos, procesos y estructuras

N	Definición y fuente	Objeto	Objetivo	Metodología
18	La ingeniería es la profesión en la cual los conocimientos de las matemáticas y las ciencias naturales obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica son aplicados con criterio y con conciencia al desarrollo de medios para utilizar económicamente, con responsabilidad social y basado en una ética profesional, los materiales y las fuerzas de la naturaleza para beneficio de la humanidad. (David Reyes Guerra. Accreditation Board of Engineering and Technology)	Medios de utilización de los materiales y fuerzas de la naturaleza	Desarrollo de medios para utilizar económicamente, con responsabilidad social y basado en una ética profesional, los materiales y fuerzas de la naturaleza para beneficio de la humanidad	Aplicación con criterio, con conciencia, responsabilidad social y ética profesional de conocimientos de las matemáticas y las ciencias naturales obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, para utilizar económicamente los materiales y fuerzas de la naturaleza.
19	El Ingeniero es un hombre que, partiendo de conocimientos, ideas, medios y recursos (materiales y humanos) concibe y construye objetos o productos tecnológicos, realiza proyectos técnicos o desarrolla procesos; su objeto fundamental es, como planteó general, mejorar la calidad de vida del ser humano <sup>3</sup>	ideas, medios y recursos (materiales y humanos)	mejorar la calidad de vida del ser humano	concibe y construye objetos o productos tecnológicos, realiza proyectos técnicos o desarrolla procesos
20	La ingeniería es la ciencia y el arte de crear, proyectar, desarrollar y producir sistemas, estructuras, dispositivos y procesos, utilizando recursos materiales, energía e información y aplicando conocimientos científicos y tecnológicos y metodologías matemáticas, experimentales e informáticas, para proporcionar a la humanidad, con seguridad, eficiencia y calidad, sobre bases económicas y con responsabilidad social y ambiental, bienes y servicios que satisfagan sus necesidades. (Eitel Lauría)	Sistemas, estructuras, dispositivos, procesos, bienes y servicios	Proporcionar a la humanidad, con seguridad, eficiencia y calidad, sobre bases económicas y con responsabilidad social y ambiental, bienes y servicios que satisfagan sus necesidades	Ciencia y arte de crear, proyectar, desarrollar y producir sistemas, estructuras, dispositivos y procesos, utilizando recursos materiales, energía e información y aplicando conocimientos científicos y tecnológicos y metodologías matemáticas, experimentales e informáticas para proporcionar bienes y servicios.

N	Definición y fuente	Objeto	Objetivo	Metodología
21	Se entiende por ingeniería una profesión que tiene por fundamento las ciencias (matemática, física, química, a veces biología), las distintas tecnologías (tecnología mecánica, informática) , la economía, el derecho y la seguridad. Está regulada por la legislación, los requerimientos económicos de las empresas y la seguridad. (Jorge Mangocio)			Aplica las ciencias (matemática, física, química, a veces biología), las distintas tecnologías (tecnología mecánica, informática) , la economía, el derecho y la seguridad. Está regulada por la legislación, los requerimientos económicos de las empresas y la seguridad
22	La ingeniería es la profesión que utiliza todos los recursos al alcance del hombre, conociendo y perfeccionando las aptitudes y relaciones de los mismos, con el fin de producir y gerenciar, sistemas socio técnicos que provean bienes y servicios para satisfacer necesidades de la humanidad (Bondesio, Inspirado en una de las definiciones de la CE-CAI)	Todos los recursos al alcance del hombre	Proveer bienes y servicios para satisfacer necesidades de la humanidad	Conocer y perfeccionar las aptitudes y relaciones de los recursos al alcance del hombre, con el fin de producir y gerenciar sistemas socio técnicos que proveen bienes y servicios
23	La ingeniería es el arte de encontrar las soluciones más adecuadas a un problema, aunque los datos sean incompletos e imprecisos (Gelosi inspirado en la definición de Hardy Cross)	Problema	Encontrar las soluciones más adecuadas a un problema	Arte de encontrar soluciones aunque los datos sean incompletos e imprecisos
24	Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar formas en que se pueden utilizar, de manera económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad. (ABET)	Formas de utilizar los materiales y las fuerzas de la naturaleza	Beneficiar a la humanidad utilizando de manera económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza	Aplicación con buen juicio del conocimiento, de las ciencias matemáticas y naturales, adquirido mediante el estudio, la experiencia y la práctica,

N	Definición y fuente	Objeto	Objetivo	Metodología
25	La ingeniería es la profesión que utiliza todos los recursos al alcance del hombre, conociendo y perfeccionando sus aptitudes y relaciones, creando y dirigiendo con arte y ciencia, sistemas que proveen bienes y servicios para elevar la calidad de vida de la humanidad ( <b>CE-CAI</b> )	Todos los recursos al alcance del hombre	Elevar la calidad de vida de la humanidad	Conocer y perfeccionar los atributos y relaciones de los recursos al alcance del hombre, creando y dirigiendo con arte y ciencia sistemas que proveen bienes y servicios
26	Ingeniería es el arte de aplicar los recursos y conocimientos alcanzados, el método científico y el perfeccionamiento constante de la técnica a la resolución de los problemas de creciente complejidad – que afectan a la vida del hombre, a sus instituciones y al entorno en que vive y actúa – para elevar la Calidad de Vida de la Humanidad ( <b>Comisión Organización y Dirección Emoresaria- CAI</b> )	Recursos y conocimiento s alcanzados – Técnica.	Resolución de los problemas de creciente complejidad – que afectan a la vida del hombre, a sus instituciones y al entorno en que vive y actúa - para elevar la Calidad de Vida de la Humanidad.	Las etapas seguidas son en primer lugar la aplicación del método científico, en segundo lugar el perfeccionamiento de la técnica y en tercer lugar la aplicación con arte de los recursos y conocimientos alcanzados
27	Es la disciplina que permite resolver problemas de naturaleza tecnológica, concretos y con frecuencia complejos, ligados a la concepción, realización y fabricación de productos, sistemas o servicios. Esta capacidad es el resultado de un conjunto de conocimientos técnicos por un parte, económicos, sociales y humanos por otra, que se apoya en una sólida cultura científica ( <b>Ministerio de Educación de Francia</b> )	Productos, sistemas o servicios	Resolver problemas de naturaleza tecnológica, concretos y con frecuencia complejos, ligados a la concepción, realización y fabricación de productos, sistemas o servicios	Las etapas son en primer lugar el desarrollo de una sólida cultura científica, segundo la obtención de un conjunto de conocimientos económicos, sociales y humanos.

N	Definición y fuente	Objeto	Objetivo	Metodología
28	La ingeniería es la disciplina que utiliza todo tipo de recurso, sea este humano, de conocimiento, físico, natural, financiero y de información, para crear y dirigir con ciencia y arte, sistemas físicos y sociales sustentables, que proveen bienes y servicios, mediante el conocimiento y perfeccionamiento de los atributos y relaciones de dichos recursos, apoyada en las matemáticas, ciencias naturales y ciencias sociales, con el fin de elevar la calidad de vida de la humanidad. <b>(Comisión de Enseñanza CAI)</b>	Todo tipo de recurso, sea este humano, de conocimiento , físico, natural, financiero y de información	Crear y dirigir con ciencia y arte, sistemas físicos y sociales sustentables, que proveen bienes y servicios, con el fin de elevar la calidad de vida de la humanidad.	Las etapas seguidas son el estudio de las matemáticas, ciencias naturales y ciencias sociales, en segundo lugar la creación con ciencia y arte sistemas físicos y sociales sustentables, en función de los objetivos buscados y en tercer lugar la dirección con ciencia y arte, también en función de los objetivos buscados

Tabla 1

**2º Paso:** Se realizo una síntesis de los conceptos, de: objeto, objetivo y metodología encontrados en las definiciones analizadas.

**3º Paso:** Se propuso una primera definición, que se transcribe a continuación: “*La ingeniería es la disciplina que utiliza todo tipo de recurso, sea este humano, de conocimiento, físico, natural, financiero y de información, para crear y dirigir con ciencia y arte, sistemas físicos y sociales sustentables, que proveen bienes y servicios, mediante el conocimiento y perfeccionamiento de los atributos y relaciones de dichos recursos, apoyada en las matemáticas, ciencias naturales y ciencias sociales, con el fin de elevar la calidad de vida de la humanidad*”.

**4º Paso:** Se comparó la definición propuesta elaborada por la Comisión de enseñanza, (**C.E.**) (28) obtenida como resultado del paso 3º, con las elaboradas por: Comisión de Organización y Dirección Empresaria del CAI, (**C.O. y D.E.**)(26); la del (**ABET**) Accreditation Board of Engineering an Technology (24) y la propuesta por el *Ministerio de Educación de Francia (M.E.F.)* (27). Para posteriormente determinar cual de ellas cumplía mejor el objetivo de “**dar a conocer a la sociedad la naturaleza esencial de lo que debería ser la ingeniería**”. Para concretar esta selección, se definieron en primer lugar los **criterios** que se utilizarían para la evaluación. Luego a través de un proceso acordado por los integrantes de la comisión se estableció la relevancia relativa de cada uno de los criterios establecidos, es decir cual resulta más importante para dar a conocer lo que debería

ser la “Ingeniería”. Para destacar la relevancia de los criterios, se les asigno un máximo de 6 puntos al criterio más relevante y un mínimo de 1 punto al criterio menos relevante, el resultado fue:

- Descripción objeto materia (seis puntos)
- Descripción objeto formal (cinco puntos)
- Descripción objetivo. (cuatro puntos)
- Descripción metodología(tres puntos)
- Claridad(dos puntos)
- Brevedad (un punto)

Posteriormente se analizan las cuatro definiciones en forma comparativa asignando puntos que varían en un rango de 3 a 0, de tal forma que se asigna 3 puntos a la definición que a juicio de la comisión satisfacía mejor el criterio, es decir realiza una mejor descripción del objeto o metodología o es la más clara o breve. Así se le asigna 3 puntos a la definición propuesta por la C.E. ya que es la que mejor explicita el criterio de definir claramente el objeto material formal.

Para facilitar esta tarea, los ingenieros construyeron una matriz similar a la que se muestra en la tabla 2, en donde figura en la columna 1, los criterios en la columna 2 la puntuación de los criterios en función de la relevancia asignada por la comisión, en las columnas 3, 5,7 y 9 la puntuación asignada por el grado de cumplimiento de los criterios por las definiciones evaluadas y en las columnas 4,6,8 y 10 el producto de a columna 2 por las columnas 3, 5,7 y 9 respectivamente. En la última fila se observa el resultado de la puntuación final.

Criterio	Punt. del criterio								
		C.E.		C.O.y D.E.		A.B.E.T.		M.E.F.	
		Abs	Pond	Abs	Pond	Abs	Pond	Abs	Pond
Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	Columna 8	Columna 9	Columna 10
Objeto material	6	3	18	1	6	2	12	0	0
Objeto formal	5	3	15	0	0	2	10	0	0
Objetivo	4	3	12	0	0	2	8	1	4
Metodología	3	3	9	0	0	2	6	1	3
Claridad	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Concisa	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			54		6		36		7

Tabla 2 Matriz de análisis

El resultado de esa evaluación muestra que a criterio de la Comisión de Enseñanza, la definición propuesta por la misma, es la que mejor satisface los elementos de juicio utilizados para la evaluación.

## B. Ámbitos de desempeño de los ingenieros

Según el Dr. Bauer<sup>4</sup> estamos viviendo una “nueva hora de la ingeniería”, impregnada de una visión totalizadora al servicio del desarrollo humano sostenible. Pero ¿que se entiende por el **desarrollo humano sostenible?**, según el Dr. Bauer es: “*un proceso de cambio en el cual la dirección de las actividades e inversiones, la evolución y funcionamiento de las instituciones, la orientación de la ingeniería, concentran sus esfuerzos en el mejoramiento de la educación y la salud y en la asignación y uso de los recursos maximizando su productividad económica, su eficiencia tecnológica y su armonización ambiental, a fin de obtener condiciones de vida satisfactorias y dignas para toda la gente con equidad y libertad, y sin afectar nuestras capacidades, las de la humanidad y las de nuestro planeta, para mantener hacia el futuro los sucesivos niveles de progreso material, espiritual ético ya alcanzados*”.

Ya hemos analizada que para alcanzar los objetivos planteados el Ingeniero soluciona problemas de planeamiento, cuantificación, organización y método, y diseña, ejecuta y mantiene obras y actividades productivas, es decir se dedica a **INGENIEARSE** para solucionar y ejecutar cuestiones particulares y cosas y casos concretos. Resulta entonces relevante el ejercicio de la ingeniería en la Argentina para palear los problemas existentes.

El Ing. Marcelo Antonio Sobrevida<sup>5</sup> expresa: “.....deben formarse profesionales para el mundo del trabajo en Argentina, hacer progresar a nuestro país y ayudar a nuestra gente, conservando nuestro estilo de vida. No los debe formar para convertirlos en emigrantes errantes de país en país, simples e insignificantes peones del gigantesco ajedrez de las grandes multinacionales y así perderlos, diluirlos en países de avanzada, haciendo tareas que los ingenieros de ese gran mundo no desean hacer. Nos desagrada que nuestros ingenieros emigren para ser tratados como el “servicio doméstico técnico” de países avanzados, produciendo el desarraigo de nuestra sociedad y sus familias, empobreciéndola

*hasta que se extinga por ausencia de los valores intelectuales que se formaron con los recursos del pueblo argentino en las universidades del estado. Ese graduado debe devolver aquí lo que los argentinos le dieron"*

Una primera caracterización del ambiente laboral del ingeniero en Argentina es de acuerdo a las características de las instituciones, pudiendo ser: públicas o privadas, en ellas un ingeniero logra desarrollar su profesión por medio de dos modalidades, trabajando en relación de dependencia (es decir como un empleado estable) o en forma independiente (realizando trabajos eventuales tales como consultorías asesoramientos, etc.). Dentro de cada uno de ellas el profesional puede<sup>6</sup> desenvolverse principalmente como:

- Diseñador (proyectista)
- Ejecutor (constructor)
- Controlador (inspector-supervisor).
- Gerenciador
- Operador (mantenimiento-dirección-propietario).
- Investigador

A su vez cada una de estas las puede ejecutar dentro de cada una de las especialidades o sub-especialidades a las que eventualmente se dedique.

Un rol relevante del Ingeniero es la participación activa en la generación de políticas referidas a infraestructura, viviendas, energía, desarrollos vinculados con el transporte, etc. ya que su formación le permiten una visión de estas problemáticas que no poseen otros sectores de la sociedad, para lo cual requiere una sólida y amplia formación cultural.

## C. Actividades propuestas

1. Siguiendo la metodología aplicada por la Comisión de Enseñanza del Centro Argentino de Ingeniería, proponga una definición de Ingeniería, con el objeto de esclarecer el concepto de ingeniera de los estudiantes de primer año de la carrera.

Premisa: No se pueden utilizar ni las definiciones, ni los criterios utilizados por la comisión.

2. Señala al menos dos desventajas y ventajas de la metodología aplicada por la Comisión de Enseñanza del Centro Argentino de Ingeniería para definir la Ingeniería.
3. Describir sintéticamente el ámbito y las principales actividades que realiza algún ingeniero que usted conozca.
4. Imagine un escenario ideal para el desarrollo de su profesión, describa sintéticamente, el ámbito y las actividades que imagina realizar.
5. Enuncie tres problemas de la sociedad que demanden un enfoque interdisciplinario para proponer soluciones y en el cual se requiera para su abordaje la participación de un ingeniero de la especialidad que UD eligió. También enuncio otros profesionales que considere que deberían de participar.
6. Realice un comentario en relación a la definición de Profesión propuesta por la real Academia de la Lengua Española aplicada a la Ingeniería. Definición propuesta por la Real Academia de la Lengua Española<sup>8</sup>, de Profesión: "Empleo, facultad u oficio que alguien ejerce y por el que percibe una retribución".

## D. Referencias

<sup>1</sup> Koen, Billy Vaughn, "El método de ingeniería", U. del Valle – ACOFI, Bogotá, 2000, p. 27.

<sup>2</sup> <http://www.cai.org.ar/>

<sup>3</sup> Gay A. "La tecnología, el ingeniero y la cultura", Ediciones TEC, Córdoba 1990.

<sup>4</sup> Dr. C.Bauer, "La nueva hora de la Ingeniería", Revista Hormigón Nº 24, Diciembre de 1993, Argentina.

<sup>5</sup> Proyecto de Estrategia de Reforma Curricular de las Ingenierías (CONFEDI) Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza de la Ingeniería (PROMEI), 2005 A 2007  
<http://www.confedi.org.ar>

<sup>6</sup> Terzariol R. Córdoba , 2010

<sup>7</sup> Godoy A. "Educación para la Profesión conicidad como Ingeniería". 2007.

## FUTURO DE LA INGENIERIA

### CONCLUSIONES FINALES - Foros y Capítulos del Congreso Mundial y Exposición

---

#### Foro: Los jóvenes en la ingeniería y la empresa – JIE

**Presidente:** Ing. Pablo Bereciartúa

**Vicepresidente:** Ing. Nurit Weitz

El domingo 17 de Octubre de 2010 se llevó a cabo el Foro "Los Jóvenes en la Ingeniería y la Empresa", que contó con la participación de más de 2000 estudiantes avanzados y jóvenes ingenieros de todas las provincias argentinas y de 17 países.

Se realizaron disertaciones y paneles en los tres temas propuestos: 1) Innovación y actividad emprendedora, 2) Mercado laboral de los jóvenes ingenieros, y 3) Visión de futuro de la ingeniería, con la presencia de destacados disertantes de Argentina, Brasil, Holanda, Suecia y Alemania. También se realizó la presentación de los trabajos ganadores del "call for papers" para este capítulo.

#### Conclusiones principales

##### 1) *Innovación y actividad emprendedora*

Es necesaria una nueva definición de emprendedor como "alguien que va por el mundo y se dedica a mejorar las cosas que no le gustan", una persona que se preocupa por el bienestar general y a partir de eso desarrolla un plan de negocios. El desafío es ser capaz de generar negocios que contribuyan al desarrollo sostenible.

Es importante realizar concursos de innovación públicos y privados para fomentar el desarrollo de nuevos procesos y productos, que propongan soluciones tecnológicas para mejorar la calidad de vida de las personas.

También es importante que se fomenten instancias que faciliten la implementación de dichas ideas innovadoras, en particular en el contexto de los países en desarrollo.

Se destaca la conveniencia de crear nuevas redes sociales que conecten inversores y emprendedores, usando la inteligencia colectiva (crowdfunding) para elegir proyectos y detectar oportunidades reales. Es esencial que las empresas se abran al mundo y elaboran estrategias colaborativas para enfrentar un mundo cambiante.

##### 2) *Mercado laboral de los jóvenes ingenieros*

Existe una nueva generación de ingenieros, mucho más flexibles y permeables a los cambios tecnológicos. Es necesario que los nuevos ingenieros no sólo desarrollen capacidades tecnológicas, sino también capacidades

sociales tales como: comunicación, liderazgo, trabajo en equipo, etc. Es importante reconocer que las generaciones anteriores de ingenieros pueden contribuir con las nuevas generaciones, sumando su experiencia y conocimiento, para generar un rol más activo de la ingeniería en la búsqueda de soluciones a los problemas del mundo, particularmente propiciando "puentes" entre la universidad, la empresa y el Estado.

### 3) Visión de futuro de la ingeniería

Es imperativo que los ingenieros apliquen sus conocimientos y formación para buscar soluciones a los problemas complejos del medio ambiente, déficit de infraestructura, y necesidades básicas insatisfechas de un gran sector de la sociedad.

Muchos de los desafíos actuales, tales como las demandas crecientes de infraestructura en las ciudades, o el abastecimiento de energías limpias, son problemas socio-tecnológicos complejos, originados en distintas épocas y con distintos paradigmas tecnológicos, y hace falta desarrollar una visión sistémica y holística para poder resolverlos.

De esta forma, la noción mayormente vigente de diseño óptimo de sistemas de infraestructura es inadecuada. Es necesario pensar en la robustez, la flexibilidad y la resiliencia que se requiere para que los sistemas se adapten a las posibles y muchas veces impredecibles condiciones futuras.

### Recomendaciones para la acción

Se propone que estos mismos temas se difundan, se discutan, y se traten en las próximas convenciones de la FMOI. Así como propiciar una creciente participación de las nuevas generaciones de ingenieros en las organizaciones internacionales. La Argentina ofrece su capacidad para liderar el desarrollo de esta agenda.

## Foro: La mujer en la ingeniería y la empresa – MIE

**Presidente:** Ing. Olga Cavalli

**Vicepresidente:** Ing. Silvia Wolanski

Versión final de las Conclusiones a cargo de Olga Cavalli.

Quiero ahora compartir los principales conceptos expresados durante el Foro "Mujer Ingeniería y Empresa". Aquí algunos datos para establecer el contexto:

Sólo el 2 % de la riqueza está en manos de mujeres.

Sólo el 17 % de los puestos de toma de decisiones están en manos de mujeres.

Sólo hay 8 mujeres jefas de Estado.

Los salarios a igualdad de responsabilidades y roles similares son entre un 20 y un 30 % más bajos para mujeres ingenieras que para hombres.

Un 10% de mujeres en el mundo de la ingeniería nos conforma?

Es importante comprender el valor de una ingeniería diversa, comenzando por educar a los jóvenes en relación con la ingeniería y con el rol de las mujeres en esta profesión.

También es importante involucrar a todos los actores, quienes deben estar convencidos del valor enriquecedor de este cambio tanto para la profesión como por sus efectos en la sociedad y en el desarrollo de nuestros países. Los países en desarrollo necesitamos más ingenieros e ingenieras.

Debemos entender el impacto en los modelos económicos de la inclusión de las mujeres en la carrera de ingeniería y también debe existir una voluntad política de lograrlo a través de políticas educativas y de inserción laboral activas en favor de las mujeres ingenieras.

Debemos entender qué significa tener mujeres ingenieras en posiciones importantes en la empresa, cómo se maneja su carrera y cómo se las motiva a lo largo de ella. Las mismas mujeres deben promover la participación activa de sus colegas ingenieras.

Es necesario que haya más participación de mujeres ingenieras en ámbitos profesionales y en asociaciones profesionales. Debería haber al menos una mujer en cada comité de ingenieros: en el Foro se demostró con ejemplos concretos que esto se ha podido lograr y que sus efectos han sido positivos.

Se deben dar a conocer las historias de éxito de inserción de mujeres en estos ámbitos, las que servirán como inspiración para las nuevas generaciones de profesionales ingenieros e ingenieras. Pero son también las mujeres ingenieras las que no deben quedarse atrás y deben ocupar los espacios de participación.

En Argentina existe un 25 % de mujeres estudiantes de ingeniería, aunque pocas eligen las ingenierías más duras como electrónica o civil.

Las estadísticas indican que hijas de profesionales tienden a desarrollar carreras universitarias. Son entonces el entorno familiar favorable y la educación factores que pueden promover el despertar de vocaciones por la ingeniería.

Ya hay empresas en Argentina que creen firmemente que la diversidad profesional tiene un impacto positivo en la productividad, que hay valor en la diversidad, como fue expuesto por la empresa Tenaris donde el 21 % de los profesionales son mujeres ingenieras. Para lograr este proyecto la empresa realizó estudios de necesidades en relación con infraestructura, flexibilidad horaria, posibilidad de teletrabajo y disponibilidad de guarderías y áreas de lactancia. Además el programa incluye actividades de difusión en universidades y mediciones exhaustivas para evaluar su evolución.

Las mujeres son un factor relevante en la gestión de proyectos rurales, de gran importancia en relación con el cumplimiento de las Metas de Desarrollo del Milenio. Sin embargo, la inserción de la mujer ingeniera en el trabajo del sector rural es aún más difícil. El uso de las herramientas de conocimiento que brinda la ingeniería es de gran importancia para la gestión de proyectos de desarrollo rurales, y en ellos las mujeres y las mujeres ingenieras cumplen un rol fundamental para lograr la eficiencia y la sostenibilidad de estos proyectos.

En relación con temas hídricos, existen talleres de entrenamiento en gestión de recursos hídricos y de género, brindando capacitación para crear estrategias de mejor uso de estos recursos. Se destacó la importancia de la mujer como impulso silencioso de gran cantidad de actividades relacionadas con el uso del agua, para lo cual las mujeres son las constructoras de valores, así como lo son para la relación con el medio ambiente.

Finalmente:

Es importante que las mujeres ingenieras se desarrollen conforme a su propia naturaleza, es decir, que encuentren el equilibrio y la armonía entre su ser personal, su familia, su profesión y su contribución a la sociedad.

Hace falta cuidar la energía y proteger el medio ambiente a través del uso razonable de los recursos. Y por encima de todo, el compromiso personal que lleva a participar y dar el ejemplo para que todos seamos cada vez más conscientes de la responsabilidad que tenemos de construir un mundo más habitable.

En este contexto la mujer ingeniera es un auténtico agente de cambio que favorece la diversidad necesaria a las empresas y a la sociedad toda para alcanzar un desarrollo sostenible.

## Tecnologías de información y comunicación - TICs.

Organizado conjuntamente con el Comité TICs de UPADI

**Presidente:** Ing. Luis Perazo

**Vicepresidente:** Ing. Susana Fiquelievich

Todos los participantes coincidieron en la enorme influencia que tienen las Tecnologías de Informática y Comunicaciones (TIC's) en todos los aspectos de la sociedad.

Por otra parte, también se reconoce en ellas la posibilidad de poder contribuir con todas las metas de Desarrollo del Milenio definidas por las Naciones Unidas para cumplimentar durante el tercer milenio.

En primer lugar se ha reconocido a las TICs como un elemento muy importante para el desarrollo de los pueblos y en ese sentido, se ha reconocido que constituyen una gran oportunidad para los países que están aplicando estas tecnologías. Estamos frente a una ventana de grandes posibilidades.

Sin embargo existen algunos puntos en los que se ha coincidido que debe trabajarse especialmente para poder alcanzar esas posibilidades. Básicamente: políticas públicas fuertes y una gran estimulación educativa.

Los participantes aportaron mucha información sobre los siguientes temas:

1.- Concluyeron sobre la necesidad de proteger las libertades innatas en Internet, con reglas claras y permanentes.

2.- La doble convergencia de las ciencias básicas por un lado y las tecnologías de información y comunicación

por el otro se potencian para alcanzar los objetivos esperados. La transformación de los sistemas en los próximos años será de gran magnitud. La evolución debería estar orientada de acuerdo con los fundamentos éticos de la sociedad.

3.- Se reconoce una notable disminución de la llamada brecha tecnológica que hace unos pocos años proporcionaba una nueva forma de exclusión. Los precios de los productos y servicios se han reducido notablemente y los gobiernos han aportado importantes (aunque todavía insuficientes) planes de ayuda para aquellos sectores de la población que los requieren.

4.- La característica de la eficiente utilización de redes, propias de las TICs, ha trascendido hacia las organizaciones estatales, las académicas y las productivas, conformando una significativa transformación de la sociedad.

5.- Se han presentado proyectos que están evolucionando para aplicar técnicas virtuales a los procesos educativos.

6.- Se emplean inversiones de importante magnitud para asegurar los sistemas desarrollados, lo que impide aplicar mayores presupuestos al desarrollo y a la implementación de nuevos sistemas útiles.

En este aspecto, se sugiere apoyar la capacitación en estos temas en las etapas de formación de los profesionales, de modo de generar sistemas más seguros desde su inicio y no desperdiciar recursos periódicamente, como resulta en la actualidad.

7.- Se proporcionaron numerosos ejemplos de aplicación que permiten a poblaciones alejadas y con menores recursos, acceder a herramientas de comunicación y aún de apoyo financiero, que hasta hace poco sólo eran pensables para grandes empresas ubicadas en los principales centros comerciales.

8.- Se mostraron ejemplos de campo en los que esas mismas poblaciones mejoraron su situación en aspectos de salud.

9.- Ya podemos hacer uso del "conocimiento global", lo cual potencia nuestras capacidades y nos posibilita proyectar nuevas realidades. El intercambio que considere a la totalidad de cada país y su región es indispensable para alcanzar objetivos de mayor alcance y profundidad.

10.- Los estados latinoamericanos están haciendo esfuerzos para orientar la evolución de la investigación y la aplicación de tecnologías. Durante las sesiones se han explicado numerosos planes que se encuentran en ejecución. Sin embargo en muchos casos parece estar poco coordinado lo que se realiza en la región.

11.- Los Estados deben emplear a las TICs en todas aquellas aplicaciones que aseguren transparencia e intervención ciudadana, en este aspecto se han mencionado diferentes experiencias de Gobierno Digital y de voto electrónico. La experiencia en campo de estos equipamientos se ha declarado como uno de los aspectos fundamentales que deben tenerse en cuenta al momento de tomar decisiones de inversión.

### **En conclusión:**

Los gobiernos, la comunidad educativa y la producción, tienen la obligación de orientar el desarrollo de estas tecnologías y sus aplicaciones de modo de poder utilizar sus potencialidades en las áreas que impulsen el crecimiento, estimulen la educación y ayuden a resguardar la salud, de acuerdo a sus necesidades específicas y considerando las de la sociedad internacional. Deberán tener una visión amplia de los avances tecnológicos para imaginar las soluciones más adecuadas a su realidad. Promoverán la evolución tecnológica y de servicios por medio de planes y políticas de largo plazo que les permita utilizar las oportunidades que se les ofrecen y restringir los efectos ilegales no deseados que suele producir ese proceso.

## **Energía y cambio climático - ECC**

**Presidente:** Ing. Mario Wiegers

**Vicepresidentes:** Ing. Julio García Velazco, Ing. Manuel Scotto

### **Contexto**

El desafío energético es la cobertura de la demanda futura minimizando los impactos ambientales, particularmente la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Y en este contexto también es relevante impulsar el acceso de toda la población mundial al uso de la energía, como base para un desarrollo humano sostenible.

La matriz energética actual muestra que el 80% de la energía primaria utilizada proviene de fuentes fósiles, complementada con 7% de energía nuclear y 13% de renovables. La mayoría de las proyecciones indican que esta estructura no registrará cambios porcentuales significativos en los próximos 30 a 40 años. Se necesitará prácticamente duplicar el suministro de energía en los próximos 40 años. China solamente requiere la instalación de 1300 MW cada 10 días, o sea el equivalente a una central nuclear cada 10 días. Ello requiere tomar decisiones estratégicas sobre cómo enfrentar la nueva oferta de energía, considerando las inversiones requeridas, y los costos operativos y ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de las instalaciones proyectadas.

Se visualiza un importante crecimiento de las energías nucleares y renovables, pero aún con un peso significativo de las energías convencionales. Éstas deberán sin duda incorporar nuevas formas de almacenamiento y transporte y tecnologías para reducir el impacto en el cambio climático, por ejemplo mediante la captura y secuestro de carbono (CCS), o bien desarrollando alternativas de compensación (offset) de emisiones. El convenio de Kyoto establece sistemas de compensación entre países mediante la venta de "bonos de carbón". Por otra parte, varios países han extendido el período de mantenimiento y la vida útil de sus centrales nucleares.

La cuestión es entonces cómo conducir este proceso transicional de forma tal de lograr los mejores resultados en términos de un desarrollo sostenible.

### **Tecnologías**

En el campo de las energías tradicionales, se estima que existen recursos suficientes en carbón, petróleo y gas para atender la demanda futura, pero con costos de producción crecientes por la utilización de yacimientos de más difícil acceso y por la necesidad de reducir los impactos ambientales asociados.

Se advierte una creciente necesidad de incorporar nuevas tecnologías para alcanzar yacimientos a mayor profundidad, principalmente offshore, y para aprovechar "tar sands" y "oilshales".

La energía nuclear muestra un "renacimiento", y se afianza en los lugares donde ya existe.

El desarrollo de las energías renovables se proyecta con tasas de crecimiento significativas, a razón de dos dígitos anuales en su sector pero con una participación reducida en el total de la energía requerida. La energía eólica está empezando a ser competitiva frente a la generación tradicional y se estima que en un lapso de 10-20 años la energía solar también lo será.

La bioenergía también se proyecta con posibilidades de cubrir una parte importante de la demanda futura, tanto en el segmento de los combustibles líquidos como en la generación eléctrica a partir de biomasa. Actualmente la producción de etanol a base de caña de azúcar es competitiva con los combustibles fósiles y los desarrollos previstos en cultivos energéticos y biocombustibles de segunda generación permiten estimar una creciente utilización a nivel mundial.

El empleo de energías renovables debe ajustarse a las necesidades y posibilidades de cada región. Se considera importante que estos desarrollos contribuyan al desarrollo sostenible de los países, principalmente en los países en desarrollo, promoviendo la generación de empleo y la mejor calidad de vida.

Un campo con grandes posibilidades es el de la eficiencia energética: lograr un consumo menor sin reducir la productividad ni el confort. Aquí se visualiza por un lado la gestión eficiente de la demanda, adecuando el perfil de la oferta a las necesidades de cada momento, y por otro, el desarrollo de productos y sistemas con un menor consumo unitario de energía. El "green building" permitirá reducciones de energía del 20-30%.

La energía eléctrica se proyecta con un rol trascendente en muchos campos. En cierta medida el mundo futuro será un "mundo energético". El diseño de los nuevos sistemas se iniciará en el consumo, contemplara "smart grids" y determinará las formas de generación. Pasaremos de un "consumer" a un "prosumer", y los sistemas de certificación de eficiencia tendrán un empleo creciente.

### **La nueva ingeniería**

La nueva ingeniería debe contemplar la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, con las nuevas tecnologías. Pero a la vez debemos trabajar en la adaptación frente al cambio climático, debemos adecuar la infraestructura actual y diseñar y construir para el clima del futuro.

Por último, tendríamos que incorporar gradualmente, como lo destacó el experto inglés Tim Fox, un proceso basado en la geoingeniería para influir en la propiedades globales del planeta, así como buscar nuevas

tecnologías para remover los gases de efecto invernadero que ya tenemos en la atmósfera, como forma de paliar la transición donde posiblemente tendremos emisiones mayores que las aceptables.

#### **Desarrollo sostenible y rol del Ingeniero**

Finalmente se ha discutido el rol de la ingeniería y los ingenieros:

La ingeniería puede y debe contribuir en forma superlativa en la toma de decisiones que este proceso transicional requiere.

Por un lado tenemos el rol técnico, desarrollando los proyectos y las nuevas tecnologías, asegurando la viabilidad económica y financiera de las iniciativas y promoviendo el desarrollo sostenible.

En segundo término resulta trascendente el rol de la ingeniería en la formulación de las políticas públicas y la comunicación hacia la sociedad de las opciones posibles y la necesidad de actuar oportunamente para reducir costos e impactos ambientales.

Éste es nuestro desafío.

### **Innovación en la producción primaria e industrias agroalimentarias - IPPIA**

**Presidente:** Dr. Ing. Agr. Sandra Fernández

El capítulo IPPIA destacó la importancia que reviste la eficiencia de la producción agro-alimentaria para superar la desnutrición y el hambre en el mundo. Se puntualizó a la vez que el problema requiere soluciones integrales, no solamente técnicas, considerando que obstáculos como la corrupción y la deficiencia en la calidad institucional atentan contra la implementación de medidas correctivas. La tecnología por sí sola no alcanza, se requieren además decisión política y mejor priorización de los problemas cruciales.

Se contextualizó el escenario actual, destacando la complejidad y dinamismo que lo caracterizan, configurando un esquema altamente competitivo y que a la vez ofrece nuevas y auspiciosas oportunidades. Por mencionar algunas de las condiciones imperantes: riesgos climáticos y de precios, volatilidad de mercados, problemas energéticos, entre otros, son aspectos que merecen tenerse en cuenta a la hora de analizar los problemas sectoriales. Por otra parte, nuevos actores provenientes del mundo oriental se incorporan como consumidores de proteínas de alta calidad. Esta presión sobre la demanda de alimentos a su vez trae las cadenas agroalimentarias hasta la etapa de producción, dinamizando servicios, maquinarias, agroquímicos y mano de obra. La situación descripta ofrece oportunidades inéditas para los países con ventajas competitivas para la producción de alimentos. Saber aprovecharlas es responsabilidad de todos los actores del sistema y los profesionales de la ingeniería tenemos mucho que aportar al respecto.

Se expusieron ejemplos y se destacó la necesidad de universalizar el uso de las conocidas "buenas prácticas agrícolas" como enfoque superador en las aplicaciones tecnológicas para aumentar la generación de alimentos. Ello implica el uso responsable de los recursos naturales disponibles, especialmente suelo y agua. Se enfatizó que la protección de tales recursos condiciona el horizonte productivo actual y futuro del que depende la población mundial. En este sentido, el problema del agua se presentó como uno de los principales, exhortando a un uso más racional, resguardando su calidad y evitando su contaminación.

Se enfatizó la importancia de la articulación de las distintas etapas de producción y servicios en verdaderas cadenas productivas. La acumulación de valor a través de cada cadena, dotándolas de capacidades competitivas y sostenibles, se constituye como pieza clave para impulsar el desarrollo industrial, al concentrar valor en los bienes comercializados como producto final.

Este enfoque de cadenas permite asumir la particularidad de los problemas productivos sectoriales sin perder de vista la integralidad. En este sentido y complementario a las cadenas, las redes cumplen un rol clave también. El enfoque que considera la interacción de actores intercambiando bienes, servicios, información y sobre todo conocimiento constituye la configuración de las llamadas organizaciones que aprenden. Ellas son las nuevas unidades productivas sobre las cuales se debe intervenir como destinatarias de la aplicación tecnológica.

Otro concepto presente fue el de ordenamiento territorial. Algunos países tienen avances significativos pero para otros es necesario incorporar este enfoque en el cual se tienen en cuenta cuestiones productivas, sociales y tecnológicas, atravesadas en la territorialidad. Se coincidió en la necesaria aplicación del análisis multifuncional en la utilización del territorio como unidad, enfatizándose que la sostenibilidad ambiental y social deben ser dimensiones impostergables en todo proyecto rural de base tecnológica. Dentro de este enfoque, el reconocimiento de interacciones entre los niveles local, regional y nacional y su articulación con el entorno productivo para coordinar jerárquicamente medidas de mejora de la calidad de vida de la población, resulta clave.

Procesos de organización de productores son también para destacar. De nada sirve aumentar cuantitativamente los rendimientos si luego se enfrentan problemas de comercialización o de falta de escala para comprar insumos. El concepto que hoy debemos manejar tiene que ver también con innovaciones organizacionales y de gestión.

Numerosos trabajos y expositores invitados destacaron la potencialidad de expansión de la biotecnología, aunque queda claro que por sí sola no alcanzaría para superar el problema del hambre. Se destacó el significativo aporte que se espera de las innovaciones biotecnológicas de segunda generación, donde ya se están generando alimentos enriquecidos con sustancias específicas beneficiosas para la salud. El gran potencial de la secuenciación genética nos abre posibilidades impensadas a la vez que complejas en sus implicancias, no sólo técnicas y productivas, sino también morales y éticas.

Por último:

No hay posibilidades de desarrollo sin innovación pero la innovación por sí misma no garantiza el desarrollo.

En definitiva, los profesionales de la ingeniería tenemos una gran responsabilidad para contribuir a resolver los

problemas del presente, y ojalá tengamos la capacidad de trabajar para mejorar el mundo del futuro. Un futuro que soñamos más justo, más igualitario y más humano.

## Grandes Metrópolis y sus infraestructuras - GMI

**Coordinadores:** Ing. Antonio Federico e Ing. Norberto Pazos

### Subcapítulo: Asentamientos Urbanos

**Presidente:** Ing. Luciano Gronda

**Vicepresidente:** Ing. Norberto Pazos

El Subcapítulo desarrolló dos temas: la Inclusión Social Urbana y la Sostenibilidad de las Grandes Metrópolis, ambas íntimamente vinculadas.

El diagnóstico de la exclusión en América Latina reveló mayores coincidencias que diferencias, destacándose la pobreza estructural, la informalidad en el empleo, la desigual distribución de los ingresos, el problema de la juventud que no estudia ni trabaja, las consecuencias del hacinamiento familiar que favorece el ingreso en las adicciones y luego en el delito, y finalmente el desigual acceso a la educación y la salud.

Completado el diagnóstico se destacó la necesidad de aplicar buenas prácticas para lograr que la población con carencias en materia de empleo formal y hábitat adecuado accedan a ellos mediante mecanismos explícitos y transparentes, en los que el Estado tenga un rol subsidiario a través básicamente de los municipios y de la articulación de las acciones de los afectados, los entes oficiales y las iniciativas de las organizaciones de la sociedad civil. Estas últimas pueden intervenir en distintas formas según sus especializaciones, desde organizar la demanda de los beneficiarios para lograr mejoras en infraestructura básica hasta complejas acciones interdisciplinarias que reúnen ciencia, tecnología y acción empresaria para desarrollar polos tecnológicos en centros urbanos que les permitan superar el estancamiento de sus actuales estadios socioeconómicos.

Se puso especial énfasis en la importancia del microcrédito que a la vez que facilita el acceso a un mejor hábitat, logra que las familias comprometan su esfuerzo propio en la tarea de superar su nivel de exclusión. También se señaló el importante rol de las mujeres en la administración de dichos recursos, y la importancia del suelo en el acceso a la vivienda propia, demostrada por el hecho de que las familias primero acceden por compra o intrusión a la parcela y luego se ocupan de construir su hábitat.

El tema de la sostenibilidad fue presentada por expertos de países desarrollados y un panel de profesionales que actúan en ciudades del mundo en desarrollo.

En las respectivas exposiciones se pudo observar la similitud de los problemas en las Grandes Metrópolis como consecuencia de la mayor urbanización producto de la inmigración desde los medios rurales o desde países de menor desarrollo.

El tema fue abordado inicialmente desde una óptica práctica con la descripción de ejemplos de reurbanizaciones de distritos degradados de ciudades del mundo desarrollado como París, y del mundo en desarrollo como Rio de Janeiro, Rabat y ciudades de Corea del Sud. En ellos se utilizaron tierras ociosas de playas ferroviarias (y sus aledaños deprimidos por sus dificultades de conectividad) y de bordes fluviales o marítimos. En estas reurbanizaciones se aplicó la variedad de usos y en el caso de viviendas se optó por combinar unidades destinadas a distintos sectores sociales, con importantes espacios verdes y mejoras en su conectividad.

Se destacó también que todos esos proyectos fueron rentables en el mediano plazo siendo la clave para lograrlo un correcto dimensionado de su extensión y el plazo de completamiento del proyecto, que en los casos descriptos fueron de entre 20 y 30 años.

Luego se avanzó en un análisis teórico de la problemática de las Grandes Metrópolis y las recomendaciones para resolverlas o al menos impedir su agravamiento.

Se subrayó la necesidad de adoptar una serie de decisiones políticas para instrumentar con eficacia las soluciones recomendadas, dado que por ejemplo en el caso del AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires) y de otras grandes Metrópolis, hay distintas jurisdicciones políticas que requieren la voluntad de compartir responsabilidades bajo la forma de un Convenio que contemple la designación de las autoridades encargadas de implementar cada política específica y la forma de financiar las inversiones requeridas.

Otra exposición partió de una pregunta trascendente: son las Megalópolis inevitables? Y la respuesta es que probablemente sí lo sean. Son el resultado de procesos espontáneos, pero a la vez son un instrumento clave en el desarrollo socioeconómico, debido a que permiten reducir la tasa de natalidad, promueven la diversificación del genoma humano, permiten avances socioculturales, favorecen la concentración económica, y crean nuevas oportunidades de negocios y empleo. Además la Megalópolis es ambientalmente una solución compacta, a pesar de que tiene serias y crecientes disfuncionalidades, como ser: concentra la pobreza, genera deficiencias en infraestructura, da lugar a mayor criminalidad y disturbios sociales, incrementa la polución, contribuye al calentamiento global, etc. Conviven en las megalópolis una sociedad moderna junto con los asentamientos precarios.

El rol positivo de las megalópolis puede alejarse a través de un diseño que tenga en cuenta los factores o necesidades biológicas, sociales, ambientales junto con la creciente tecnificación del hombre moderno, a través de la mejora de la educación, la investigación y el desarrollo, etc.

A la pregunta de si el crecimiento de las megalópolis es controlable, se respondió: quizás, pero con un gran esfuerzo. En esa tarea se recomendó que no siempre es necesario utilizar la última tecnología sino una suficientemente buena, tratar de coordinar nuevas iniciativas con otras ciudades para repartir costos iniciales de desarrollo, asegurar trabajo, posibilidades de movilidad y acceso a la vivienda para todos los sectores, subsidiando a los usuarios de menores recursos y no a los servicios.

Se concluyó afirmando que las ciudades del mundo desarrollado no son necesariamente paradigmas a imitar por las ciudades del mundo en desarrollo, pero el esfuerzo para lograr la sostenibilidad de éstas será mucho mayor

por sus diferencias respecto de las primeras, a saber: mayor ritmo de crecimiento y de deterioro ambiental, menor edad promedio de la población, escasez de recursos financieros y de infraestructura, etc.

## Subcapítulo Agua

**Presidente:** Ing. Juan Carlos Giménez

**Vicepresidente:** Ing. Raúl Lopardo

Los desafíos que deberán enfrentar en los próximos años los profesionales del agua no tienen precedentes dado que la población urbana de los países no desarrollados del planeta se duplicará en los próximos 30 años pasando de 2000 millones de personas a 4000 millones y la superficie urbana se triplicará de 200.000 a 600.000 km<sup>2</sup>.

Diferente es la situación en los países más desarrollados donde se prevé un incremento más moderado, del orden de 150 millones de personas en 30 años, ya que de una población urbana de 872 millones en el año 2000 se prevé que se llegará a 1015 millones en el 2030.

El crecimiento dramático de la población urbana en el mundo en desarrollo tiene y tendrá profundas implicaciones en la demanda de agua dulce, en la utilización y conservación de los recursos hídricos, la construcción de infraestructura y la prestación de servicios vinculados con el agua.

Además, dado que más del 50% de la población urbana vivirá en ciudades menores de 500.000 habitantes y el 24% en ciudades entre 1 y 5 millones de habitantes, ello demandará importantes emprendimientos en infraestructura de agua potable y saneamiento para lograr mantener los actuales niveles y para lograr en un plazo razonable la cobertura universal.

En definitiva, el creciente grado de concentración de población en las grandes urbes y la exigencia de mejores servicios de agua, impone a la ingeniería un nivel de exigencia también creciente.

Basta pensar que cuando se abre un simple grifo de agua segura existe un gran esfuerzo de la ingeniería antes y después del acto de abrirlo.

La evidencia histórica nos indica que con el aumento del ingreso la calidad ambiental se deteriora, hasta llegar a un punto de inflexión a partir del cual los ciudadanos demandan una mayor calidad ambiental. El dilema es que los ingenieros deberán enfrentar la definición de niveles ambientales compatibles con el nivel de desarrollo posible para sus comunidades.

Es entonces tarea de los ingenieros transformar ese negativo círculo vicioso de creciente escasez de agua segura que acompaña a los grandes déficits sociales, en un círculo virtuoso del agua, en el cual se asegure la cantidad y calidad de las aguas de bebida, la cobertura de los servicios básicos de saneamiento, se conserven y recuperen los cursos de agua y se manejen los extremos hídricos, sequías e inundaciones, con la plena concientización y colaboración de la comunidad. Asimismo deben extremarse los esfuerzos para obtener soluciones pacíficas a posibles disputas por la utilización de recursos hídricos compartidos.

Para completar todas estas acciones la ingeniería deberá tomar en cuenta la necesidad humana de integrar los cursos de agua en las ciudades como un factor de mejora de las mismas orientado a aumentar la calidad de vida de sus habitantes.

Respecto de los tratamientos de los efluentes cloacales se deberá tener en cuenta en su diseño la minimización de su impacto como generadores de gases efecto invernadero, sea adoptando el sistema de tratamiento con menos gasto de energía o menores emisiones o bien mediante la reutilización de dichos gases como generadores de energía eléctrica.

La creciente utilización de los emisarios subacuáticos como soluciones estructurales de las descargas de líquidos cloacales en condiciones ambientalmente sostenibles para los cursos receptores, es una cuestión de creciente interés para la comunidad profesional, son una adecuada alternativa en cuanto permiten la difusión y dilución de la descarga en un gran volumen de agua, por lo que se puede aprovechar mejor el efecto de depuración natural en el curso y en la masa de agua.

Se deberán diseñar planes maestros de alcantarillado y tratamiento sanitario, de modo de salir del proceso negativo actual, ya que existen diferentes países donde no se conectan los servicios de saneamiento domiciliarios si no tienen la planta de tratamiento correspondiente.

En cuanto a los eventos hidroclimáticos extremos, las comunidades más pobres son las más vulnerables por su localización en la trayectoria usual de los huracanes, tifones y tsunamis, en laderas inestables, en asentamientos precarios, en áreas bajas y en los valles inundables de los ríos.

Debido a la carencia de un marco político, institucional y tecnológico apropiado, los ingenieros debemos trabajar en la generación de estrategias para hacer frente a los peligros y riesgos de inundaciones y sequías, que afectan en mayor medida a los sectores de bajos ingresos y a una población en aumento que se localiza en las áreas más vulnerables a inundaciones, deslaves y sequías. La tarea de la ingeniería debe apuntar a dirigir la puesta en práctica de planes de manejo de los eventos extremos, ayudando de este modo a las comunidades y ciudades a organizarse llegando a ser más activas en la prevención de desastres naturales.

Por otra parte, el desafío de los ingenieros es optimizar el conocimiento de los recursos hídricos, de modo de entender mejor los procesos dinámicos que tienen lugar en la química del suelo y en las variaciones climáticas y las respuestas de los ecosistemas.

Todos los aspectos señalados implican una actividad continuada de los ingenieros con una especial dedicación, conscientes del compromiso que significa brindar buenas prestaciones de agua segura y saneamiento, pilares para la salud y el bienestar de la población y disminuir la vulnerabilidad de las ciudades ante los eventos hidrometeorológicos extremos.

## Subcapítulo Transporte

**Presidente:** Ing. Máximo Fioravanti

**Vicepresidente:** Ing. Gastón Cossettini

La convocatoria del subcapítulo se centró en dos grandes preocupaciones, que inciden fuertemente en la calidad de vida de los habitantes de las Grandes Áreas Metropolitanas y que deben considerarse especialmente para la provisión de las infraestructuras necesarias:

A – Las implicancias de las restricciones energéticas crecientes a nivel mundial, en las políticas de transporte de las grandes ciudades y los nuevos desarrollos tecnológicos que la ingeniería puede aportar para disminuir el consumo de energía.

B – Análisis de las experiencias internacionales en cuanto a la coordinación de políticas y la complementariedad de medios de movilidad, particularmente cuando intervienen varias jurisdicciones, con el objetivo de hacer más eficiente el sistema, satisfacer la creciente demanda de transporte y mitigarla.

Para responder a esta convocatoria se recibieron 25 interesantes trabajos.

Dado el fuerte impacto del transporte en las grandes urbes, se plantea la necesidad de instrumentar políticas y medidas que promuevan el uso de tecnologías y modos de transporte, que permitan la sustitución del uso de combustibles fósiles por otros de fuentes renovables y menos contaminantes, lo que contribuirá a reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

En el mundo, el transporte es el responsable del 24% de la generación de CO<sub>2</sub>, del cual el 70% se debe al automotor. En Latinoamérica las estadísticas son aún más preocupantes, correspondiendo el 35% de participación en la contaminación, siendo el automotor causa del 90% de ella. Las mismas proporciones deben leerse en términos de consumo de energía no renovable. Las grandes metrópolis tienen la mayor proporción en la contribución tan negativa con que impacta el sector automotor.

Esto explica que la mayor cantidad de opiniones y trabajos expuestos se ha centrado en el transporte urbano de pasajeros, surgiendo recomendaciones para la definición de tipo de vehículos y de combustibles aconsejables para una reconversión gradual de las flotas para el autotransporte público de superficie, como así también formas de penalización al automóvil particular por su alta contribución a los GEI y a la congestión del tránsito.

**Buscando metas para la movilidad urbana sostenible, se remarcaron tres líneas sobre las cuales accionar, que no son excluyentes sino complementarias:**

- Planificación coordinada del transporte y del uso del suelo.
- Modificaciones en las participaciones de los modos de transporte a favor del modo ferroviario.
- Mejora en las tecnologías de operación de los vehículos.

Será necesario instalar en todas las comunidades una visión y planificación estratégica que evite que los males que se ocasionan avancen más rápidamente que las soluciones técnicas. Ello requiere inversiones que se puedan aportar desde la comunidad y desde el Estado consensuando y coordinando políticas y medidas racionales que mejoren la oferta, la calidad y la eficiencia del transporte en las Grandes Metrópolis, como así también las que alienten la descentralización de las actividades.

**Ha habido propuestas en temas tales como:**

- Gestión de la demanda (peaje en áreas centrales, altos impuestos sobre el estacionamiento y reducción de las áreas para ese uso).
- Mejora en los factores de ocupación de los vehículos.
- Uso del transporte público masivo.
- Aliento al transporte no motorizado (cycling).
- Peatonalización.
- Desarrollo del transporte ferroviario.
- Mejora sensible en la tecnología de los vehículos.
- Calidad ambiental de los combustibles.

**Medidas recomendadas:**

- Ampliación de las redes de subterráneos.
- Instrumentación de BRT (Bus Rapid Transit) en varios corredores, hasta tanto la infraestructura del subterráneo pueda ser construida.
- Modernización de las flotas de colectivos (ómnibus), mediante la incorporación de vehículos dobles articulados.
- Cambio paulatino por tracción eléctrica. Incorporación de tranvías (sin catenaria en áreas centrales).
- Planificación de las líneas, de los recorridos y de las paradas de los medios de transporte automotor para mejorar la complementariedad con los otros medios.
- Establecimiento de horarios de estricto cumplimiento con aumento de la frecuencia en los horarios pico.
- Establecimiento del Boleto Único abarcativo de todos los medios masivos en el área.
- Soterramiento o elevación de las líneas férreas en las áreas urbanas y suburbanas, según corresponda en cada tramo.

A pesar de los costos elevados, el tren subterráneo resulta imbatible cuando se trata de transportar grandes volúmenes de pasajeros.

Los BRT aparecen como una opción menos eficaz pero con costos de inversión sensiblemente más bajos.

#### **Articulación entre urbanismo y transporte**

Convendrá que el crecimiento urbano se genere alrededor de la infraestructura ferroviaria más que de la vial.

La tierra es un recurso limitado y no renovable que requiere su utilización eficiente. La extensión de su uso alcanzó una intensidad que ha venido causando consecuencias ecológicas, económicas y sociales indeseadas.

Para el año 2025, alrededor del 75% de la población mundial estará viviendo en áreas urbanas, lo que acelerará el consumo de la superficie disponible de suelo.

Si no se limita una futura expansión, se estará ante la posibilidad de la pérdida de calidad, incluso de los mejores

asentamientos y espacios culturales, causando posteriormente graves daños al medio ambiente.

El Subcapítulo consideró positivamente la propuesta de Red de Ciudades: un entrelazado de ciudades que requerirá de la disponibilidad de sistemas de transporte de alta capacidad y confiabilidad para una población cada vez más móvil, donde el sistema ferroviario constituiría la columna vertebral de esta red.

Deberán definirse espacios de importancia nacional donde los actores locales, regionales y nacionales en acciones combinadas, asignen adecuadamente el uso del suelo.

Los megaproyectos pueden cambiar la geografía económica de una región incrementando la accesibilidad y mayores densidades poblacionales, y también mejorando sensiblemente el acceso social a otras oportunidades laborales y de esparcimiento.

El mayor desafío consiste en darle sustento político y económico, durante los largos períodos que demanda su implementación. Para ello es necesario establecer estrategias para una adecuada comunicación que permita sostener objetivos de transición a lo largo de un período extenso, mientras dure la ejecución de los megaproyectos.

Es así que toma relevancia la materialización de una eficiente gestión, tanto pública como privada, la que finalmente condiciona el éxito en el logro de los objetivos propuestos.

#### **Autoridades de transporte**

Se ha concluido en la necesidad de que en todos los grandes aglomerados urbanos se coordinen acciones entre las diferentes jurisdicciones intervenientes, como un mecanismo apto para una transición hacia el más largo plazo, en el cual será necesario repensar e implementar soluciones de fusiones administrativas, para darle una dimensión regional a todos los temas concernientes a las metrópolis.

## **Formación del Ingeniero para el desarrollo sostenible – FIDS**

**VIII Congreso Mundial de la Educación de la Ingeniería – WCE**

**VII Congreso Argentino de Educación de la Ingeniería – CAEDI**

**Presidente:** Ing. Luis Vaca Arenaza

**Vicepresidentes:** Ing. Daniel Morano, Ing. Eduardo Vendrell Vidal

En la ciudad de Buenos Aires, a los veinte días del mes de octubre de 2010, luego de tres días de intensas sesiones, donde se presentaron 46 exposiciones de representantes de distintas regiones del mundo, se concluye que la sociedad mundial atraviesa un momento histórico, de profundos cambios de paradigmas en todos los aspectos del quehacer social, político, económico, científico, tecnológico y ambiental y que la ingeniería tiene la obligación no sólo de acompañar, sino de liderar los cambios necesarios que aseguren el desarrollo sostenible de

todas y cada una de las regiones del mundo, en el marco de las Metas de Desarrollo del Milenio planteadas por Naciones Unidas.

Para ello resulta imprescindible continuar avanzando y consolidar un conjunto de aspectos relativos a la formación de las futuras generaciones de ingenieros. Las sesiones, charlas y presentaciones que han formado parte de este capítulo han venido a reforzar estos aspectos, que pueden resumirse en los siguientes tópicos:

#### **Formar ingenieros con visión sistémica**

El ingeniero del siglo XXI no sólo debe ser un profesional universitario provisto de sólidos conocimientos y competencias técnicas y tecnológicas, sino que además debe estar provisto de una sólida cultura general, conocer en primer lugar las características y necesidades de su región, y estar asimismo dotado de una cosmovisión sistémica que le permita aplicar sus conocimientos en el lugar del mundo en que se los requiera, actuando en todos los casos con solidaridad social, preservando el medio natural y respetando en su gestión los principios éticos básicos.

En una sociedad cada vez más globalizada y con exigencias crecientes de mejoramiento, le cabe a la ingeniería un rol fundamental en lo que hace a la sostenibilidad del desarrollo y el cuidado del medio ambiente. Ello requiere de profesionales con una visión amplia y abarcativa del mundo.

En este lineamiento, es necesario que en las etapas de formación de los futuros ingenieros se tengan en cuenta los siguientes objetivos:

#### **Objetivos Generales**

- Promover el desarrollo integral, reflexivo y crítico del futuro ingeniero
- Formar en valores, principios éticos universales y comprensión y respeto por las culturas y su diversidad.
- Formar ingenieros socialmente responsables, comprometidos con el medioambiente y el desarrollo sostenible y sostenido de la sociedad en la que vive.

#### **Objetivos Específicos**

- Definir políticas y acciones de integración tendientes a generar espacios de interacción entre los actores involucrados en la formación de ingenieros (alumnos, docentes, graduados, asociaciones profesionales, etc.) y la sociedad en cada una de las regiones, para identificar desafíos, oportunidades, riesgos e impactos.
- Promover la ambientalización curricular desde la perspectiva del desarrollo sostenible.
- Promover la capacitación del plantel docente sobre la base de un diseño curricular en el marco del desarrollo sostenible.
- Favorecer el trabajo multidisciplinar, transversal y cooperativo del futuro ingeniero.
- Promover acciones de extensión y transferencia orientadas al desarrollo del trabajo socialmente responsable.

#### **Asegurar la calidad de la formación**

El aseguramiento de la calidad de la formación de ingenieros es un aspecto clave para mantener y mejorar más aún los niveles alcanzados por la ingeniería y la base imprescindible para ampliar y consolidar los sistemas de movilidad académica y profesional.

Para ello se proponen los siguientes objetivos:

#### **Objetivo General**

- Asegurar la calidad de la formación en las carreras de ingeniería.

#### **Objetivos Específicos**

- Sistematizar los procesos de aseguramiento de la calidad en la formación de ingenieros en cada país.
- Incorporar la cultura de la calidad a través del mejoramiento continuo, y la evaluación y actualización permanente en la definición de los modelos nacionales de formación.
- Definir metodologías que permitan medir la calidad en la formación en los distintos países.

#### **Generar vocaciones tempranas**

En este contexto, la generación de vocaciones tempranas en los jóvenes se torna una herramienta imprescindible para asegurar la cantidad de ingresantes a las carreras de ingeniería, y su permanencia.

#### **Objetivo General**

- Mejorar sustancialmente la formación en ciencia y tecnología en los niveles previos de la educación.

#### **Objetivos Específicos**

- Articular con los niveles previos de educación para incentivar a los jóvenes en el estudio de carreras de ciencia y tecnología en general, e ingeniería en particular.
- Establecer el desarrollo de acciones inclusivas para incrementar el acceso a los estudios superiores

#### **Formar ingenieros con proyección mundial**

Para contribuir a la solución de muchos de los problemas regionales es menester formar ingenieros en la cantidad requerida, con normas de calidad internacional y con estrategias curriculares que favorezcan la pertinencia local y regional de sus conocimientos, para contribuir con la urgente tarea de reconocer, identificar y caracterizar las prioridades que permitan diagnosticar, proponer, planear y aportar propuestas sostenibles en la región.

Es necesario desarrollar una fuerte movilidad de docentes y alumnos, tanto de grado como de posgrado y doctorado propiciando la riqueza de la diversidad y pertinencia en la formación y, por ende, la creación de mecanismos que faciliten este intercambio.

### **Objetivo General**

- Creación de espacios regionales de educación en ingeniería.
- Promover la actualización de los docentes, como elemento clave para la transmisión de conocimientos.
- Reconocimiento de títulos académicos.

### **Objetivos Específicos**

- Reconocimiento de sistemas de acreditación
- Movilidad de docentes y estudiantes de grado y posgrado.

### **Conclusión**

En el mundo hay un déficit de ingenieros. Las empresas de generación de desarrollo tecnológico, de infraestructura y de servicios son las principales demandantes y quienes primero detectan la falta y han establecido vínculos con las escuelas de ingeniería de cara a invertir en educación. Los actores en la enseñanza de la ingeniería deben trabajar con las fuerzas productivas para lograr los intercambios que aseguren un desarrollo sostenible que promueva el proceso racional de producción y utilización de la energía, las necesarias obras de infraestructura que faciliten la disposición de los recursos, brindándoles las posibilidades de crecimiento a los sectores de bienes y servicios para una mejor calidad de vida del conjunto social.

A su vez, la sociedad debe comprender que el ingeniero está asociado al crecimiento y que el desarrollo sostenible de una región depende en gran medida de la participación de los ingenieros.

Por otra parte es necesario tener en cuenta que los jóvenes ingenieros tienen una mayor comprensión de la realidad vigente y resultan ser los mejores comunicadores en la generación de vocaciones tempranas. Sus lógicas de razonamiento incluyen la utilización de las tecnologías de la información y las comunicaciones, y su trascendencia en la vida.

Por todo ello resulta altamente conveniente la creación de espacios de Educación Superior Regionales, la realización de actividades de investigación, desarrollo y transferencia de conocimientos y experiencias relacionadas con las necesidades de las regiones, la articulación de esfuerzos e iniciativas con sectores sociales, estatales y económicos, la promoción de la calidad educativa en los niveles de formación básicos y medios, y la introducción en los programas de formación de ingenieros de aspectos tales como el fomento de la cultura emprendedora, la reflexión permanente sobre la responsabilidad social del ingeniero y sobre el impacto ambiental y social de la práctica de la profesión. Este es un desafío que debemos asumir y es una obligación conjunta de estados, universidades, organizaciones sociales y empresariales.

Resulta de vital importancia la participación de los ingenieros en las instituciones y asociaciones que los representan. Su papel en ellas debe ser el del elemento dinamizador e impulsor de su puesta al día, interviniendo en la toma de decisiones y en sus estrategias de futuro, aportando su visión ingenieril.

Mediante el esfuerzo de todos estos actores debe consolidarse la formación de ingenieros altamente calificados, como condición necesaria para la solución de las necesidades, carencias y debilidades. Así podrá lograrse que promuevan la equidad y bienestar social, favorezcan los propósitos de competitividad e innovación para contribuir al desarrollo y preserven la biodiversidad de los ecosistemas y los recursos naturales de nuestro planeta, respetando fundamentalmente la diversidad cultural. Por otra parte el ingeniero tiene el deber y la obligación de participar activamente en la sociedad a fin de facilitar la comprensión de sus acciones y la construcción de un mundo de bienestar mensurable. Los gobiernos y las universidades deben ser capaces de dinamizar y activar la participación de los estudiantes por medio de metodologías que impliquen un mejor aprendizaje de acuerdo con la sociedad real y con las necesidades de la industria en lugar de ser una mera transferencia de conocimientos del profesor a los estudiantes. Se debe fomentar el desarrollo de la iniciativa y la creación de una mentalidad empresarial. La educación debe hacer hincapié en la importancia de la ingeniería en la resolución de los problemas, desde los globales, a aquellos a los que nos enfrentamos en lo cotidiano La FMOI debe asumir la responsabilidad de facilitar y promover las actividades a través de redes internacionales de cooperación y de intercambio de buenas prácticas hacia el establecimiento de estándares mundiales mínimos de formación.

## Práctica profesional de la ingeniería - PPI

**Presidente:** Ing. Gustavo Darín

**Vicepresidente:** Ing. Hugo Chevez e ing. Alejandro Pérez Vargas

El capítulo pasó revista a diferentes aspectos de la práctica profesional de los ingenieros, tanto en su actuación de manera independiente, como consultores o generadores de nuevas empresas, incorporándose en relación de dependencia a organizaciones ya constituidas productoras de bienes y servicios, o bien ingresando a agencias o reparticiones técnicas de los diferentes niveles de los gobiernos nacionales o de instituciones internacionales.

Las acciones de los ingenieros tienen un amplio impacto en la sociedad, el ambiente y el patrimonio histórico y cultural de la humanidad.

Por este motivo el ingeniero debe realizar su trabajo en favor del interés público, protegiendo la salud y seguridad de la sociedad y contribuyendo al desarrollo humano sostenible de su comunidad. Se debe procurar la mejor integración de la mujer a la ingeniería aportando una visión que enriquezca la calidad de los proyectos.

Es importante que la sociedad ejerza un control adecuado sobre la actuación de los ingenieros. Las acciones del Ingeniero tienen que ser controladas anticipadamente evitando que acciones o decisiones equivocadas puedan producir consecuencias graves, difíciles o imposibles de revertir.

El control anticipado solamente puede hacerse por la vía del control de la capacidad profesional del Ingeniero, esto es, verificando que posea una formación académica de calidad, que presente una actitud ética elevada, que demuestre plena conciencia de los límites de su capacidad profesional, y que registre una experiencia continua de acciones profesionales y de adquisición y actualización de conocimientos.

Este control tiene que ser ejercido por sus pares de profesión, quienes son los que están en mejores condiciones de evaluar las conductas y los actos de sus colegas, es decir por Instituciones de Control Profesional de carácter público por su misión, pero independientes de las administraciones gubernamentales. Por lo tanto no es función de estas Instituciones actuar a favor de los intereses de los ingenieros, sino proteger los intereses de la

sociedad, velando por la seguridad, salud y desarrollo humano sostenible entre otros. En consecuencia las instituciones de Control Profesional deben estimular y exigir las más altas capacidades profesionales y los más altos valores éticos a los Ingenieros.

Y ésta también será una buena manera de favorecer a los Ingenieros ya que concitarán el reconocimiento y la confianza de su comunidad.

Es evidente que la profesión de Ingeniero es de interés público, pero mucho más importante e indispensable, es que sea una profesión de confianza pública. Esta confianza además es necesaria para que la propia profesión de ingeniero sea sostenible.

Fue opinión generalizada del Capítulo que los ingenieros deben actualizar una formación continua durante la vida profesional para mantener o acrecentar sus competencias. La realidad del mundo de hoy exige una actualización permanente para la práctica profesional competente. De no ser así, y teniendo en cuenta la velocidad creciente de los cambios tecnológicos, los ingenieros tenderán a convertirse en profesionales de desgaste rápido.

Las ponencias sobre el tema concordaron en que los títulos de grado universitario o politécnico deberían certificar solamente la formación académica y que la habilitación debe ser otorgada por organizaciones independientes del sistema académico de formación profesional.

Por eso es importante para la sociedad, y también para los Ingenieros, tener Instituciones de Control Profesional independientes y ecuánimes para certificar las habilitaciones post formación académica. Estas Instituciones deben tener una participación relevante en la determinación de las competencias de los ingenieros.

Como parte de su misión de control a favor de la sociedad se coincidió en que estas Instituciones además deben:

Fomentar la sanción de códigos de conducta que establezcan un marco ético adecuado para la actuación de los ingenieros en beneficio del interés público.

Velar por el cumplimiento de todas las obligaciones profesionales de los ingenieros de acuerdo con los códigos de conducta.

Juzgar y sancionar con justicia y ecuanimidad las infracciones a las normas establecidas para el ejercicio de la profesión.

Propender a que exista una adecuada oferta de servicios de ingeniería en calidad y cantidad que satisfaga las necesidades y deseos de crecimiento y desarrollo de las sociedades

Verificar que los ingenieros reciban por sus servicios un adecuado nivel de remuneración que estimule y permita el mejoramiento de la calidad de los mismos.

También se coincidió en que el mundo evoluciona cada vez más rápido en la dirección de un mercado de servicios de ingeniería globalizado y que por lo tanto es necesario adaptarse a un escenario de movilidad profesional creciente con el objetivo de acrecentar la competitividad económica de las regiones y por ende su desarrollo local.

El reconocimiento de competencias de Ingenieros con títulos obtenidos en diferentes países es hoy una de las mayores dificultades de las Asociaciones Profesionales, que pueden o no condicionar el ejercicio de la profesión. Por eso, importa establecer sistemas que permitan conocer mejor las formaciones y exigencias establecidas en cada país y celebrar acuerdos equitativos que estimulen la movilidad internacional de los ingenieros y que resguarden la práctica profesional en los países en desarrollo.

Mejorar la calidad de vida y reducir la pobreza son objetivos incuestionables en concordancia con las Metas de Desarrollo del Milenio, pero pueden afectar negativamente la calidad del ambiente. Por lo tanto son necesarias acciones de mitigación de los perjuicios ambientales y medidas de compensación según los valores y expectativas de la sociedad, para lo que se requieren Ingenieros conocedores de los problemas y soluciones ambientales y con fuertes valores éticos.

Se analizó positivamente la propuesta según la cual, los ingenieros, ante un conflicto de intereses, deben privilegiar éticamente en primer lugar a la Sociedad, consecutivamente al Ambiente, Profesión, Clientes y finalmente a los Colegas.

La ética profesional es un tema que se ha convertido en prioritario en un creciente número de instituciones nacionales e internacionales y se propuso que su estudio se incluya específicamente en las carreras de ingeniería, al igual que los criterios de Responsabilidad Social Profesional.

La corrupción es un flagelo que esteriliza gran cantidad de recursos de las comunidades que podrían ser destinados a reducir la pobreza, proteger la salud de la población e incrementar la infraestructura de la sociedad para mejorar su calidad de vida. En este sentido se explicitó la adhesión al esfuerzo de numerosas instituciones nacionales e internacionales para erradicar la corrupción y a las colaboraciones para mejorar la situación de organismos como Transparency International, The Global Infrastructure Anti Corruption Centre (GIACC), the World Bank, The World Justice Forum, etc.

El Capítulo acordó también trasmítir a FMOI, a los gobiernos nacionales y a las agencias internacionales la necesidad de incrementar las acciones dirigidas al estudio de la problemática de la corrupción y a la implementación de acciones tendientes a combatir la corrupción en sus múltiples manifestaciones.

Finalmente se recordó que la ingeniería es una profesión capaz de transformar características físicas y sociales. El mundo tiene el desafío de avanzar hacia nuevos modelos de desarrollo sostenible.

Para realizar esta transformación es imprescindible desarrollar los pilares de la infraestructura física, social y económica de las comunidades, reduciendo la pobreza, aumentando el capital social y respetando el ambiente.

El papel de los profesionales de la ingeniería en esa nueva perspectiva es determinante, pues les cabe transformar conocimiento en progreso social, como agentes para la construcción de una nueva agenda para el mundo, con un modelo de desarrollo sostenible e inclusivo.

## EL FUTURO DE LA INGENIERIA

### Actividades

- 1) Leer el documento: CONCLUSIONES FINALES- Foros y Capítulos del Congreso Mundial y Exposición.
- 2) En grupo de cuatro personas debata las conclusiones que se transcriben a continuación y redacte en forma individual cuales considera que fueron

algunas de las razones que se expresaron para abordar a dichas conclusiones.

- *El desafío es ser capaz de generar negocios que contribuyan al desarrollo sostenible.*
  - *Es necesario que los nuevos ingenieros no solo desarrollen capacidades tecnológicas, sino también capacidades tales como: comunicación, liderazgo y trabajos en equipo.*
  - *En relación a la solución de problemas..... Es necesario desarrollar una visión sistémica y holística para poder resolverlos.*
  - *Se demandara importantes emprendimientos en infraestructura de agua potable y saneamiento para lograr mantener los actuales niveles y para lograr en un plazo razonable la cobertura universal.*
  - *La sociedad debe comprender que el ingeniero está asociado al crecimiento y que el desarrollo sostenible de una región depende en gran medida de la participación de los ingenieros.*
- 3) En grupo de cuatro, establezcan un orden de prioridad y relevancia de tres desafíos que deben afrontar los futuros ingenieros.
- 4) Explique en forma escrita e individual, ¿Cómo se relaciona en la actualidad y como considera que se debe relacionar la Ingeniería, la política y las asociaciones profesionales de la ingeniería?

## LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA Y LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN

Mgter. Inga. Gabriela Durán

En las últimas tres décadas del siglo XX, el acelerado incremento de la producción científica, el creciente desarrollo tecnológico, las emergentes Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y el consecuente cambio en las relaciones sociales de producción y de consumo, propiciaron modificaciones sustanciales en los aspectos tecnológicos, sociales, económicos y político y determinaron lo que la UNESCO denomina "Revolución Científico-Tecnológica". Sobre el tema el MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN DE LA NACIÓN señala:

«Entre los principales aspectos que abarca la revolución científico-tecnológica se encuentran:

- el complejo teleinformático, determinado por la convergencia entre la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones;
- la biotecnología;
- los nuevos materiales;
- las fuentes energéticas alternativas;
- el procesamiento de materiales y productos en el espacio;
- la robótica y la inteligencia artificial.

La constante y acelerada transformación científico-tecnológica y su carácter invasivo a casi la totalidad de los aspectos de la vida diaria de las personas y las instituciones están vinculados a la aparición de fenómenos socioculturales nuevos, que requieren respuestas diferentes de la sociedad en general y del sistema educativo en particular.»<sup>1</sup>

Si la revolución industrial logró que la máquina reemplazara en gran medida el trabajo manual del hombre, esta nueva revolución que estamos viviendo, y que se suele llamar también Tercera Revolución Industrial, está logrando que la máquina reemplace no sólo el trabajo manual, sino también en parte el trabajo intelectual del hombre, sobre todo lo rutinario y repetitivo, dejando más tiempo para el trabajo intelectual creativo, pero generando desocupación; tomemos por ejemplo la computadora, con la que se pueden realizar en pocos segundos operaciones que con los métodos tradicionales llevarían días de trabajo, elaborar diseños complejos, transmitirlos de una punta a otra del globo, programar la fabricación de productos, informatizar la producción, realizar teletrabajos, etc. El control numérico de máquinas herramientas y los robots tienen hoy gran presencia en la producción industrial. Con la computadora el hombre puede independizarse del ritmo de la máquina, es suficiente programarla, su trabajo se intelectualiza. Es fundamental tomar conciencia del cambio sustancial que estamos viviendo, estamos pasando de un esquema en el que lo preponderante era la energía a otro en el que la supremacía pasa

<sup>1</sup> MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION DE LA NACION. *Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica*, Buenos Aires, 1995, p. 232.

por la información; de los "Caballos Vapor" a los "Megabytes". Detrás de este proceso está la revolución numérica o digital (la digitalización de la información). La revolución digital posibilita transmitir conjuntamente texto, imagen o sonido, y permite difundirlos a nivel mundial mediante su transformación en impulsos electrónicos que se mueven a la velocidad de la luz, lo que permite la comunicación en tiempo real.

Piñeiro y Araya plantean que «la Revolución Científico-Tecnológica Mundial surge como respuesta a la crisis del paradigma tecnoproductivo sobre el cual el mundo capitalista había estructurado su crecimiento. Como resultado de la misma, se estima que el conocimiento científico tecnológico acumulado en las últimas tres décadas supera el 90% del conocimiento total acumulado en toda la historia de la humanidad desde sus orígenes»<sup>2</sup>.

En términos económicos, políticos y sociales la Revolución Científico-Tecnológica Mundial ha tenido como efecto incrementar la brecha científico-tecnológica ya existente entre los países industrializados y los que no lo son. Por otro lado, los beneficios de esta impresionante transformación no han facilitado superar los problemas de la pobreza y la indigencia, sino todo lo contrario, acrecentó la diferencia entre ricos y pobres.

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) aceleran todos los sistemas sociales, tecnológicos y económicos, ya que modifica "el sistema nervioso" de las organizaciones y de la sociedad. Algunos autores denominan a este cambio Revolución informática o Revolución digital, revolución que plantea las siguientes notables modificaciones:

- La información se convierte en insumo y en factor de reestructuración de los procesos productivos de bienes y servicios, esto no sólo sucede en las industrias de la información o de las comunicaciones, sino en todas. A modo de ejemplo se observa en el campo de la producción industrial clásica la producción informatizada. Es decir, el proceso de producción puede ser comandado mediante un sistema computarizado (con pantalla visual) que permite, además de controlar el proceso, intervenir con el objetivo de variar determinadas características del producto a fin de adaptarlo a las preferencias o necesidades del usuario. Además permite, mediante un proceso de simulación, anticipar los resultados. El sistema posibilita una producción que podemos caracterizar como "a medida" o "personalizada". Este tipo de producción transparenta y objetiva los pasos, otorgando posibilidades de reformulación del proceso.
- El costo de la producción, procesamiento y transmisión de la información a escala industrial y masiva es menor.
- Se incrementa la capacidad de producir, procesar, almacenar y transmitir volúmenes cada vez mayores de información. Un particular y notable aspecto es la posibilidad del teletrabajo (que puede ser domiciliario), entendiendo como tal la actividad laboral concretada en una videoterminal, conectada a una red, que permite un diálogo interactivo con una computadora central (u otras computadoras) del sistema generador de bienes o servicios. «Desde el punto de vista de la historia del capitalismo moderno, hay en la idea del teletrabajo algo paradójico. En efecto, la sociedad capitalista que había, por primera vez, agrupado a los hombres

<sup>2</sup> PIÑERO F. J.; ARAYA J.M. *Revolución científica-tecnológica y sociedad de la información*, Revista de la Facultad de Economía, BUAP, Año IX, Número 29, Mayo – Agosto de 2005.

en un férreo sistema de producción, obligándolos a abandonar el trabajo en la casa por el trabajo en la fábrica, a pasar del *domestic system* al *factory system*, parece ahora orientado a reproponer, sobre nuevas bases, el mismo modelo de apropiación de la fuerza de trabajo que la primera revolución industrial había contribuido a descartar. »<sup>3</sup>

Las posibilidades materiales de acceso a producir, procesar, buscar y decodificar la información es un aspecto crítico del desarrollo de la sociedad, ya que genera ventajas tales como un público informado, nuevos empleos, innovación, oportunidades comerciales y el avance de las ciencias, por lo tanto las políticas vinculadas a la información y la comunicación tienen importante repercusión en todos los aspectos sociales.

La digitalización de las fuentes de información, el procesamiento, almacenamiento y distribución por diferentes medios, potenciando la combinación de textos, imágenes y sonidos, y la interconexión planetaria mediante redes de información y comunicación, han revolucionado las formas de organización y procesamiento productivo, así como los intercambios comerciales y financieros, conformando junto a otros aspectos el escenario de la denominada **Sociedad de la Información (SI)**. La conectividad que debe proporcionar la infraestructura de la información y de la comunicación es uno de los factores de mayor importancia que posibilitó la SI. En el ámbito de las ciencias sociales el nombre de Sociedad de la Información no tiene una definición homogénea.

En la Primera fase de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información realizada en Ginebra en diciembre de 2003, en el punto 51 de la *Declaración de Principios - Construir la sociedad de la información: un desafío mundial para el nuevo milenio* se señala las ventajas que proporcionan las TIC en todos los aspectos de la vida: «*La utilización y despliegue de las TIC debe orientarse a la creación de beneficios en todos los ámbitos de nuestra vida cotidiana. Las aplicaciones TIC son potencialmente importantes para las actividades y servicios gubernamentales, la atención y la información sanitaria, la educación y la capacitación, el empleo, la creación de empleos, la actividad económica, la agricultura, el transporte, la protección del medio ambiente y la gestión de los recursos naturales, la prevención de catástrofes y la vida cultural, así como para fomentar la erradicación de la pobreza y otros objetivos de desarrollo acordados. Las TIC también deben contribuir al establecimiento de pautas de producción y consumo sostenibles y a reducir las barreras tradicionales, ofreciendo a todos la oportunidad de acceder a los mercados nacionales y mundiales de manera más equitativa. Las aplicaciones deben ser fáciles de utilizar, accesibles para todos, asequibles, adaptadas a las necesidades nacionales en materia de idioma y cultura, y favorables al desarrollo sostenible. A dicho efecto, las autoridades nacionales deben desempeñar una importante función en el suministro de servicios TIC en beneficio de sus poblaciones».*<sup>4</sup>

El informe Bangemann (Comisión Europea, 1994) es el principal documento que la Unión Europea ha tomado como referencia para determinar el paso de la **Sociedad Industrial a la Sociedad de la Información**. Este documento fue la respuesta a la solicitud del Consejo Europeo, que en diciembre de 1993, solicitó que un grupo de expertos elaborase un informe. El documento tenía que contener las medidas necesarias

<sup>3</sup> MALDONADO, T. *Crítica de la razón informática*. Barcelona, Ed. Paidos, 1998, p. 119.

<sup>4</sup> PRIMERA FASE DE LA CUMBRE MUNDIAL SOBRE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN. *Declaración de Principios - Construir la sociedad de la información: un desafío mundial para el nuevo milenio*, <http://www.oei.es/revistactsi/numero6/documentos01.htm>. 2003.

y específicas que debían plantearse en la Comunidad Europea para el establecimiento de unas infraestructuras de telecomunicaciones a lo largo de todo el Continente para afrontar los retos de la Sociedad de la información.

El coordinador del grupo de expertos fue Martín Bangemann, encargado, por entonces, de todos los asuntos referidos a la política de telecomunicaciones en Europa. El documento final, elaborado por el grupo de expertos, llevaba por título: "Europa y la Sociedad Global de la Información. Recomendaciones al Consejo Europeo" (1994).<sup>5</sup>

El Informe hacía hincapié en que la iniciativa privada sería importante para el desarrollo futuro de las nuevas tecnologías de la información, pero antes de esa labor de desarrollo, el entorno jurídico debía ser propicio a la penetración, en los diferentes mercados nacionales, de la iniciativa privada de la mano de operadores de telecomunicaciones y proveedores de servicios. Así pues, en el sector de las telecomunicaciones, las actuaciones de las autoridades públicas y de la iniciativa privada debían caminar al unísono y en paralelo, para conseguir un objetivo común: el desarrollo de una sociedad de la información en Europa. Proponía además diez aplicaciones para alcanzar la sociedad de la información.

Estas diez aplicaciones eran las siguientes:

1. **El teletrabajo.** Mayor empleo y nuevos trabajos para una sociedad móvil.
2. **Educación a distancia.** Educación permanente para una sociedad en mutación
3. **Una red de universidades y centros de investigación.** La interconexión del potencial de pensamiento e investigación europeo.
4. **Servicios telemáticos para las PYMES.** Un instrumento potente para relanzar el crecimiento y el empleo en Europa.
5. **Gestión del tráfico por carretera.** Carreteras electrónicas para una mayor calidad de vida.
6. **Control del tráfico aéreo.** Vías aéreas electrónicas para Europa.
7. **Redes de asistencia sanitaria.** Sistemas de asistencia sanitaria más baratos y más efectivos para los ciudadanos europeos.
8. **Licitación electrónica.** Una administración más eficaz y económica
9. **Red transeuropea de administraciones públicas.** Una administración mejor y más barata.
10. **Autopistas urbanas de la información.** La sociedad de la información en casa.

En función de dicho informe, el Consejo elaboró un plan de acción. A continuación transcribimos un resumen de las recomendaciones.

- Los estados miembros deberían acelerar el actual proceso de liberalización del sector de telecomunicaciones por los siguientes medios:
  - abrir a la competencia las infraestructuras y servicios que aún se encuentren sometidos a monopolios;
  - eliminar los obstáculos políticos y las obligaciones presupuestarias no comerciales impuestas a los operadores de telecomunicaciones;

<sup>5</sup> *Europa y la Sociedad Global de la Información -Informe Bangemann- (6/1994)*  
<http://www.bib.uc3m.es/~mendez/politicas/europa.htm>

- establecer calendarios y plazos claros para la aplicación de medidas prácticas que permitan alcanzar estos objetivos
- Establecer una autoridad responsable a nivel europeo, cuyo mandato deberá establecerse rápidamente.
- La interconexión de las redes y la interoperatividad de los servicios y aplicaciones deberían ser objetivos primarios de la Unión. El proceso de normalización europeo debería replantearse a fin de aumentar su rapidez y su capacidad de respuesta a los mercados.
- Deberían ajustarse con urgencia las tarifas internacionales de larga distancia y de alquiler de líneas a fin de aproximarlas a las aplicadas en otras zonas industrializadas avanzadas. El ajuste de tarifas debe ir acompañado de una distribución justa de las obligaciones propias de un servicio público entre los operadores.
- Debe fomentarse la sensibilización pública y prestarse especial atención al sector de la pequeña y mediana empresa, a la administración pública y a las generaciones jóvenes.
- La apertura del mercado europeo debería hallar su contrapartida en los mercados y redes de otras regiones del mundo. Es de importancia primordial para Europa adoptar las medidas adecuadas para garantizar la igualdad de acceso.

A partir de ese momento las autoridades públicas tenían que desempeñar un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad de la información en Europa, para lo cual deberían, entre otras medidas:

- Invertir en infraestructuras de telecomunicaciones.
- Acabar con los monopolios nacionales del área.
- Liberar los mercados de terminales y servicios para la entrada de nuevos competidores.
- Garantizar la protección de la propiedad intelectual.
- Reducir las tarifas de las comunicaciones móviles.
- Establecer un marco reglamentario para las comunicaciones por satélites.
- Reorientar la financiación pública de forma más específica para hacer frente a las necesidades de la sociedad de la información.

La sociedad de la información se puede abordar como un proceso social inconcluso en pleno desarrollo y sus efectos son múltiples. Martín Becerra señala: «*Si hay una diferencia entre la morfología que va adquiriendo la sociedad de la información en Europa y en América Latina, es que las políticas europeas tienen como preocupación la garantía de la cohesión socioeconómica mientras que en la América Latina posdictatorial de los ochenta, la fractura social y económica pasó a ser un fenómeno estructural. Esta tendencia no ha sido hasta el presente, modificada por el advenimiento del modo de desarrollo informacional sino que, precisamente, la creciente importancia de la información como insumo y proceso productivo acompaña, muchas veces profundizando, las líneas señaladas.*»<sup>6</sup>

Además existe una gran diferencia en la infraestructura y disponibilidad de las TIC entre los países de Europa y los Estados Unidos, y el resto del Mundo, como se puede

---

<sup>6</sup> BECERRA, M. *Sociedad de la Información: Proyecto, Convergencia, Divergencia*. Buenos Aires, Grupo Editorial Norma, 2003.

observar en el informe estadístico parte 7 punto 6 de UNCTAD, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo del año 2004<sup>7</sup> (Gráfico 1 y Tablas 1 y 2).

**Usuarios de Internet por regiones en mayo de 2002  
(expresados en millones)**

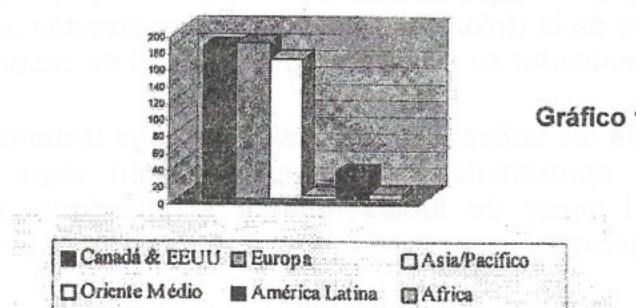


Gráfico 1

En tal sentido La Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (2003) expresa entre otros temas, los siguientes vinculados a la educación y a la igualdad de oportunidades.<sup>8</sup>

**10.** Somos plenamente conscientes de que las ventajas de la revolución de la tecnología de la información están en la actualidad desigualmente distribuidas entre los países desarrollados y en desarrollo, así como en las sociedades. Estamos plenamente comprometidos a hacer de esta brecha digital una oportunidad digital para todos, especialmente aquellos que corren peligro de quedar rezagados y aún más marginalizados.

**27** Se puede fomentar el acceso a la información y al conocimiento informando a todas las partes interesadas de las posibilidades que brindan los diferentes modelos informáticos, lo que incluye los programas patentados, de fuente abierta y fuente libre, para acrecentar la competencia, facilitar el acceso de los usuarios y diversificar la elección, y permitir que todos los usuarios conciban las soluciones que mejor se ajustan a sus necesidades. El acceso asequible a los programas informáticos debe considerarse como un componente importante de una sociedad de la información verdaderamente integradora.

#### **4) Creación de capacidades**

**29** Hay que ofrecer a cada persona la posibilidad de adquirir las competencias y los conocimientos necesarios para comprender, participar activamente y beneficiarse plenamente de la sociedad de la información y la economía del conocimiento. La alfabetización y la educación primaria universal son factores esenciales para crear una sociedad de la información integradora para todos, teniendo en cuenta en particular las necesidades especiales de las niñas y las mujeres. A la vista de la amplia gama de especialistas en las TIC y la información que serán necesarias a todos los niveles, debe prestarse particular atención a la creación de capacidades institucionales.

<sup>7</sup> UNCTAD. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. *Handbook of Statistics. Part seven*, Nueva York y Ginebra (2004) [http://www.unctad.org/en/docs/tdstat29p7\\_enfr.pdf](http://www.unctad.org/en/docs/tdstat29p7_enfr.pdf).

<sup>8</sup> PRIMERA FASE DE LA CUMBRE MUNDIAL SOBRE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN. *Declaración de Principios Construir la sociedad de la información: un desafío mundial para el nuevo milenio*, <http://www.oei.es/revistactsi/numero6/documentos01.htm>. 2003.

**67** Tenemos la firme convicción de que estamos entrando colectivamente en una nueva era que ofrece inmensas posibilidades, es decir la era de la sociedad de la información y la expansión de la comunicación humana. En esta sociedad incipiente es posible generar, intercambiar, compartir y comunicar informaciones y conocimientos entre todas las redes del mundo. Si tomamos las medidas necesarias, pronto todos los particulares podrán colaborar para construir una nueva sociedad de la información basada en el intercambio de conocimientos y asentada en la solidaridad mundial y una mejor comprensión entre los pueblos y las naciones. Confiamos en que estas medidas abran una vía hacia el futuro desarrollo de una verdadera sociedad del conocimiento.

Los principales actores económicos protagonistas de este proceso de conformación de las TIC son públicos y privados. Martín Becerra divide los actores privados en tres grandes grupos que se representan a continuación en función de la capacidad de dominio del mercado.

Grupos transnacionales de 10 empresas dominantes del mercado global tales como: General Electric, NBC, Disney, Sony, etc.

Grupo dominante de mercados regionales que operan en varios estados del Primer Mundo. Aproximadamente 50 empresas tales como: The New York Times, The Washington Post, Hearst, McGraw Hill, CBS, etc.

Grupo dominante de mercados domésticos nacionales, subregionales y regionales periféricos generalmente con paquetes accionarios en mano de las corporaciones líderes, tales como: Televisa de México, Globo de Brasil, Grupo Clarín de Argentina, etc.

\*

En las últimas décadas se está generando una nueva forma de dependencia debido, entre otros factores, a la dificultad de aplicar en el nuevo contexto internacional el sistema directo de dominación político-militar que constituyó el rasgo más visible del imperialismo del siglo pasado. El nuevo instrumento de dominación, más sutil aunque menos efectivo, es la superioridad científica y tecnológica de los países desarrollados. Esta superioridad está generando una nueva división internacional del trabajo, en la cual las grandes potencias tienen virtualmente el monopolio de las técnicas y procesos de producción más avanzados, mientras que los países dependientes deben dedicarse a aquellos otros sectores de la producción que, por su baja rentabilidad, ya no son compatibles con los altos niveles de vida de los primeros.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> HERRERA A. et al. *Modelo mundial latinoamericano, 30 años después.*  
2º ed. Buenos Aires, Ed. IIED, 2004.

Tabla 1

**TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y LA COMUNICACIÓN  
INDICADORES POR PAISES**

País	Líneas telefónicas principales por cada 100 habitantes	Llamadas internacionales salientes por habitantes (minutos)	Llamadas internacionales entrantes por habitantes (minutos)	Abonados a telefonías móviles por cada 100 habitantes	Costo de llamadas de telefonía móvil cada 3 minutos (dólares)	Costo de llamadas de telefonía fija cada 3 minutos (dólares)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Afganistán	0.1	..	..	0	..	..
Alemania	65.2	123	..	73	1.104	0.094
Argentina	21.9	12	..	18	..	0.029
Australia	55.5	114 a	97 a	64	1.582	0.120
Bolivia	6.4	5	15 a	11	..	..
Brasil	22.3	5	7 a	20	0.572 a	0.028 a
Canadá	64.3	260	..	38	0.484 a	..
Chile	23	18	30	43	..	0.104
China	16.7	1 a	3 a	16	0.145 a	0.027
Cuba	5.1 a	3 a	25	0	1.200a	0.090 a
Dinamarca	68.9	147	..	83	0.508 a.	0.084 a
España	43.4	90 a	85 a	82	..	0.068 a
Estados Unidos	64.6	140	49	49	..	..
Federación Rusa	24.2	8	7	12	..	..
Francia	57.2	79	126	65	0.764	0.125
Haití	1.6	..	..	2	..	..
India	4.0	1	2	1	0.120	a.0.016
Israel	45.3	180	123	96	0.208	0.016
Italia	48.1	82 a	96 a	94	..	0.105 a
Japón	55.8	22	15	64	0.558	0.068
Mali	0.5	1 a	6 a	1	1.228 a	0.070 a
México	14.7	20	57	26	0.825 a	0.158 a
Paraguay	4.7	5	12	29	0.252 a	0.088 a
Perú	6.2	5	41	9	..	0.080
Portugal	42.1	52	97 a	83	0.964 a	0.113
Reino Unido	59.1	152	130 a	84	0.672	0.179
Sudáfrica	10.7	12	18	30	0.484	0.094
Suiza	74.4	356 a	..	79	0.769	0.154
Uganda	0.2	0 a	..	2	0.606	0.209
Uruguay	28.0	25 a	..	19	..	..
Venezuela	11.3	11 a	..	26	0.659 a	0.040
Vietnam	4.8	1	7	2	0.353	0.024

**Tabla 2**

País	Computadoras personales por cada 1000 habitantes	Usuarios de Internet por cada 1000 habitantes	Host de Internet por cada 100000 habitantes	Ingresos totales en telecomunicaciones (millones de dólares)	Inversión anual en telecomunicaciones (millones de dólares)	Televisores por cada 1000 habitantes
	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Afganistán	..	..	..	..	..	14 a
Alemania	431	436	3143	58208	6632	661
Argentina	82	112	1355	7547	869 a	322 a
Australia	565	482	13042	13382 a	4663 a	727
Bolivia	23	32	17	389 a	162 a	..
Brasil	75	82	1287	20428 a	5205	345 a
Canadá	487	513	9531	21015	3629	684 a
Chile	119	238	898	2421	589	523
China	28	46	12	50994	25040	350
Cuba	32	11 a	10	787 a	144 a	250 a
Dinamarca	577	513	15567	4217 a	1280 a	856 a
España	196	193	1450	29797	5242	660 a
Estados Unidos	659	551	39988	294000	29620 a	926 a
Federación Rusa	89	41	279	6956 a	1015	..
Francia	347	314	2329	32024	5472	632
Haití	..	10	..	..	..	54
India	7	16	8	7645 a	3512 a	84
Israel	243	301	2212	3690	1441	342
Italia	231	352	1191	35241 a	7289 a	..
Japón	382	449	7267	117971 a	15775	785
Mali	1	2	2	92	18 a	27
México	82	98	1087	16938	3179	278 a
Paraguay	35	17	75	309 a	82 a	..
Perú	43	90	73	1395 a	175 a	172
Portugal	135	194	1594	6468	1975	413 a
Reino Unido	406	423	4850	72836	13433	966 a
Sudáfrica	73	68	438	5339	712	177
Suiza	709	351	7703	9596	1633	563
Uganda	3	4	9	112	..	16
Uruguay	109 a	119 a	2324	714 a	..	..
Venezuela	61	51	96	2934	974	183 a
Vietnam	10	18	1	1400	..	197

Fuente: Elaboración propia en base al Manual de Estadísticas de la CNUCED

Datos proporcionados por International Telecommunication Union (ITU), World Telecommunication Indicators, correspondientes al año 2002 excepto los indicados con la letra "a", que corresponden al año 2001.

#### Número de columnas

- (5) “Tres minutos de llamadas de telefonía móvil” referidas a llamadas locales a celulares durante las horas pico.
- (6) “Tres minutos de llamadas de telefonía fija” referidas a llamadas locales a teléfonos fijos durante las horas pico.

- (8) Estimado
- (9) Internet host, se refiere al número de computadoras en economía que están directamente vinculadas a la red mundial de Internet. Esta estadística está basada en el código del país y en la dirección de host y puede no corresponder con la actual ubicación física.
- (10) Se refiere a los ingresos de las empresas que suministran directamente servicio de telecomunicaciones al público
- (11) Comprenden los gastos asociados a la adquisición de equipos e infraestructura en telecomunicaciones (edificio, terreno, programas, etc.) Incluye los gastos de instalaciones iniciales y los adicionales a las instalaciones existentes.

El servicio de proporcionar espacio en un servidor de Internet recibe el nombre de servicio de host.

## ROL DEL CONOCIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DURANTE LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA TECNOLÓGICA

Ing. Carlos Mancini

Según algunos importantes pensadores, en la Revolución Científica Tecnológica en los sectores de manufactura, servicio e información tendrán su fundamento en el conocimiento y las organizaciones de negocios seguirán múltiples caminos distintos para convertirse en creadoras de conocimiento.

Peter Drucker fue uno de los primeros en descubrir una señal de esta gran transformación. Alrededor de 1960, acuñó los términos *trabajo de conocimiento* o *trabajador de conocimiento* (Drucker, 1993, p. 5)<sup>1</sup>. Según afirma en su libro *Post-Capitalist Society* (La sociedad poscapitalista, 1993), estamos entrando en la "sociedad del conocimiento", donde el recurso económico básico ya no es el capital, ni los recursos naturales, ni el trabajo, sino que "es y seguirá siendo el conocimiento". Además, en esta sociedad los "trabajadores de conocimiento" tendrán un papel protagónico.

Drucker (1993) sugiere que uno de los retos más importantes para las organizaciones, como parte de la sociedad del conocimiento, es construir prácticas sistemáticas para administrar su propia transformación. La organización debe estar preparada para abandonar el conocimiento que se ha vuelto obsoleto y aprender a crear cosas nuevas, por medio del mejoramiento continuo de todas sus actividades, el desarrollo de nuevas aplicaciones a partir de su propio éxito y un proceso organizado de innovación continua. Drucker también señala que, una empresa debe incrementar la productividad de los trabajadores de conocimiento y de servicio para estar a la altura del reto.<sup>2</sup>

La necesidad que tienen las organizaciones de cambiar constantemente, ha sido la columna vertebral del pensamiento de los teóricos del aprendizaje organizacional. Tal como sucede con los individuos, las organizaciones deben enfrentarse a nuevos aspectos de sus circunstancias (Cohen y Sproull, 1991)<sup>3</sup>. Dicha necesidad se incrementa, en esta era de cambio tecnológico acelerado y de economías turbulentas.

Según algunos autores el aprendizaje consiste en dos tipos de actividad. El primer tipo de aprendizaje es obtener *know-how* para resolver problemas específicos con base en premisas existentes, el segundo es establecer nuevas premisas (por ejemplo, paradigmas, esquemas, modelos mentales o perspectivas) para superar las existentes. A estos dos tipos de conocimiento se los puede llamar *aprendizaje de tipo I* y *aprendizaje de tipo II* (Bateson,

<sup>1</sup> La sociedad postcapitalista. Ediciones Apóstrofe. Col. Clásicos del Management. Barcelona, 1993

<sup>2</sup> Nonaka, Ikujiro y Takeuchi, Hirotaka: La organización creadora de conocimiento. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación; Trad. Martín Hernández Kocka; México; Oxford University Press, 1999

<sup>3</sup> Editor's Introduction. Organization Science, 2, no. 1, 1991

1973)<sup>4</sup>, o *aprendizaje de un solo ciclo* y *aprendizaje de doble ciclo* (Argyris y Schon, 1978)<sup>5</sup>.

A partir del desarrollo de la teoría del aprendizaje organizacional propuesta por Argyris y Schon (1978), se ha asumido implícitamente que a las organizaciones les puede resultar muy difícil implantar, por sí mismas, el aprendizaje de doble ciclo (el cuestionamiento y la reconstrucción de las perspectivas, los marcos de referencia o las premisas de decisión existentes). Para superar tal dificultad, los teóricos del aprendizaje argumentan que se requiere algún tipo de intervención artificial, como el uso de un programa de desarrollo organizacional.

Por su parte Senge (1990)<sup>6</sup>, explica que las organizaciones que aprenden son:

- *organizaciones donde la gente expande continuamente su aptitud para crear los resultados que desea, donde se cultivan nuevos y expansivos patrones de pensamiento, donde la aspiración colectiva queda en libertad, y donde la gente continuamente aprende a aprender en conjunto. (...) pero, el proceso de aprendizaje sólo puede producirse en las personas. Las organizaciones sólo aprenden a través de individuos que aprenden. El aprendizaje individual no garantiza el aprendizaje organizacional, pero no hay aprendizaje organizacional sin aprendizaje individual.*

Senge plantea que muchas organizaciones sufren "impedimentos de aprendizaje". Para curar las enfermedades y fomentar la capacidad de aprendizaje de la organización, propone la "organización que aprende" como un modelo práctico. Sostiene que la organización que aprende tiene capacidad para adoptar el aprendizaje generador (por ejemplo, activo) y el aprendizaje adaptativo (pasivo) como las fuentes de ventajas competitivas sostenibles. Según Senge, para construir una organización que aprende, los ejecutivos deben hacer lo siguiente:

- Adoptar un "pensamiento sistémico".
- Fomentar la maestría personal de sus propias vidas.
- Sacar a flote y desafiar los modelos mentales prevalecientes.
- Crear una visión compartida.
- Facilitar el aprendizaje en equipo.

Entre estas cinco "disciplinas", destaca la importancia del "pensamiento sistémico" como "la disciplina que integra a las otras disciplinas, uniéndolas en un cuerpo coherente de teoría y práctica". También sugiere que el pensamiento sistémico es "una alternativa filosófica al penetrante "reduccionismo" de la cultura occidental (la búsqueda de respuestas simples para problemas complejos)"

<sup>4</sup> Steps to an Ecology of Mind. London: Paladin. 1973

<sup>5</sup> Organizational Learning. Reading, MA: Addison-Wesley. 1978

<sup>6</sup> La Quinta disciplina: el arte y práctica de la organización inteligente. Buenos Aires: Granica. Edición original. 1990

Drew (1996)<sup>7</sup> propone siete actividades básicas, para administrar el conocimiento y para lograr el auto-conocimiento organizacional, que se requiere para llevar adelante un proceso benéfico, estas son:

1. Generar conocimiento a partir de las operaciones internas o de los grupos de investigación y desarrollo.
2. Lograr el acceso a fuentes de información tanto internas como externas.
3. Transferir conocimiento antes de que sea usado formalmente, a través de la capacitación o informalmente en los procesos de socialización del trabajo.
4. Representar el conocimiento a través de reportes, gráficas y presentaciones, etc.
5. Imbuirse en el conocimiento de procesos, sistemas y controles.
6. Probar la validez del conocimiento actual.
7. Facilitar todos estos procesos distintos de generación de conocimiento, a través del establecimiento de una cultura que valore y comparta el uso del conocimiento.

### Actividad

1. Razone sobre su propio proceso de aprendizaje y realice su propio “Esquema simplificado de aprendizaje”.
2. En grupo de 5 personas como máximo, comparan los “Esquema simplificado de aprendizaje” y construya un “Esquema simplificado de aprendizaje” en forma grupal.

---

<sup>7</sup>

Strategy and intellectual capital, Management Update, Vol.7, No.4. 1996

## ETICA PROFESIONAL

Esp. Ing. Roberto Terzariol

### 1 Aspectos generales

La palabra ética proviene del griego *ethikos* ("carácter"). Se trata del estudio del accionar humano para promover comportamientos deseables. Una actuación ética supone un previo juicio de valores y eventualmente el cumplimiento de alguna norma que señale cómo deberían actuar los integrantes de un colectivo humano.

Particularmente la ética profesional pretende regular las actividades que se realizan en el marco de una profesión. En este sentido, se trata de una disciplina que hace referencia a una parte específica y acotada de la realidad.

Si bien la ética, por definición general, no debería ser coercionante más allá de los valores propios asumidos por cada individuo, la ética profesional en general está reglamentada mediante los códigos deontológicos que regulan las interacciones entre los actores dentro de una determinada actividad profesional. La deontología por lo tanto presenta una serie de principios y reglas mínimos de cumplimiento obligatorio.

Estas normas se establecen por parte de los integrantes de un grupo de profesionales en base a los valores comunes que ellos manifiestan, y en los que todos están de acuerdo en cumplir y hacer cumplir.

En las definiciones anteriores aparecen los conceptos que vinculados hacen a la ética, es decir el carácter moral de la cuestión, los valores y los aspectos deontológicos.

### 2. Valores y actividad profesional

¿Son necesarios estos denominados "valores" para un accionar ético?, ¿El profesional debe cumplir y ser transmisor de estos valores a la sociedad?

Si se pretende una actuación profesional socialmente comprometida y solidaria, el cumplimiento de estos valores es absolutamente necesario. Solo la aplicación de saberes y técnicas, no es suficiente para la actividad profesional en la sociedad en que deberán desempeñarse los ingenieros.

La cuestión básica es *cuales* son estos valores personales y sociales. Algunos autores parten de la premisa que estos valores están definidos de antemano, incluso listan algunos de ellos como ser:

Solidaridad, Igualdad, Libertad, Tolerancia, Justicia, Paz, etc....

Este listado si bien no es exhaustivo no puede ser inmutable, como dice Nietzsche ...con el tiempo "Los valores ya no valen". Reinterpretándolo, puede decirse este listado sólo puede ser válido *hoy y aquí*.

Los valores son la expresión final de todo un sistema cultural que es cambiante en el

espacio y el tiempo. Cualquiera que haya conocido países musulmanes como Egipto o Turquía, asiáticos como Malasia, racistas como la Sudáfrica anterior a De Clerc y

Mandela, o que haya estudiado a través de la historia las culturas precolombinas, medievales, renacentistas, etc., no puede dejar de concluir que los valores *no son atemporales ni universales*.

Muchos de estos valores diferentes, pueden no parecer adecuados para una sociedad justa según los cánones de la cultura definida como "occidental y judeo-crística actual", pero que son absolutamente válidos en culturas orientales, de diferentes credos o de otras épocas.

En todo caso este análisis lleva a una disminución significativa de los valores "universalmente" aceptados, respecto del listado antes citado.

Los profesionales de la ingeniería, tienen el deber, mediante sus *actitudes* y el análisis de sus experiencias profesionales ante ciertas contingencias, de cumplir y transmitir valores éticos y morales vinculados a una problemática abordada.

La sociedad actúa con los mismos valores que transmite o intenta transmitir el profesional?

La sociedad futura será la misma, que cuando se definieron estos valores, tanto espacial como culturalmente?

Con respecto al primer interrogante, algunos autores fijan una postura escéptica frente al comportamiento de la sociedad. Las normas, valores, etc., deberían ser legitimados públicamente, esto implicaría que los saberes y actuaciones de los ingenieros, serán los que se aplican en la sociedad. Pero un análisis de esta situación concluye que la sociedad aplica valores totalmente distorsionados a los que pretende legitimar.

No necesariamente esto debe ser así o al menos no necesariamente esto se da hoy y no se daba anteriormente. Como ejemplo puede decirse que Machiavello no es un autor de nuestros días, aunque su enfoque sea *siempre* actual.

Posiblemente falte en esta ecuación la evaluación de los medios informativos e informáticos actuales y su ingreso invasivo en la vida cotidiana, sin distinción de nivel socio económico, intelectual, cultural, horario, etc. con su carga de información a veces cruda y otras, tendenciosamente elaborada. Hoy se cree conocer de todo y ese todo es analizado y desmenuzado visceralmente ante la sociedad por individuos que muestran valores no siempre acordes con los valores que la sociedad pretende para si misma a fin de ser justa y solidaria.

Este cúmulo de información no necesariamente conlleva un conocimiento acabado de un tema o una situación, incluso hoy en día puede verse actuar codo a codo en las calles gente reclamando por dos situaciones absolutamente contrapuestas sin darse acabadamente cuenta de ello. Es el *sálvese quien pueda* individualista sin la contrapartida social o comunitaria.

Frente a todo ello puede decirse que los valores existen, hay quienes no los cumplen, y es deber de la sociedad, profesionales incluidos, el hacerlos cumplir. Sería un despropósito que los actores de una actividad profesional cambiaren los valores de una sociedad justa, solidaria y plural, porque *aparentemente* esta misma sociedad los niegue o los contradiga. Por el contrario el aplicar estos valores resultará en definitiva en la modificación de las conductas sociales que a primera vista los niegan.

La segunda pregunta se refiere sin lugar a dudas a las fronteras que día a día desaparecen tanto geopolíticamente como culturalmente.

El advenimiento de la informática en la sociedad con su velocidad de comunicación y su aporte de información no necesariamente procesada, y la globalización cultural que esto acarrea, puede cambiar algunos valores ciertamente. Pero es allí donde una formación basada en la aceptación de la diversidad sin negar los valores propios puede ser útil para mantener culturas locales necesariamente ligadas al acervo natural de una sociedad. Todo ello sin que aparezcan nuevas fronteras vinculadas al racismo, la discriminación, etc..

Geopolíticamente, el futuro parece no mostrar fronteras definidas, existen zonas grises transnacionales. Podrán ser estas nuevas fronteras las fijadas por regionalizaciones, como la Unión Europea por ejemplo, o por corporaciones multinacionales, en este momento parece difícil el acertar acabadamente cual será el futuro. Pero en cualquier caso la adquisición de este "minimun quantun" de valores por parte del individuo es la garantía que tiene la sociedad de que sean cuales sean estas fronteras el resultado será una socialización justa y solidaria y no basada en la éxito, el consumo, el individualismo, la provisionalidad, etc..

Es evidente que no hay *una* sociedad universal sino **sociedades**, que cambian tanto espacial como temporalmente, y con ellas los valores que las representan. Pero reducidos a su mínima expresión posible, siempre existirán valores básicos que permiten evolucionar a una sociedad justa y solidaria, basada en el respeto a la diversidad.

Las nuevas fronteras tanto culturales como geopolíticas acentuadas en esta era de las comunicaciones globales se disgregan o esfuman pudiendo ser más amplias o más pequeñas pero seguramente diferentes. En este caso la aplicación y transmisión de valores legitimados públicamente garantiza la permanencia de culturas diversas y la no creación de fronteras sociales internas basadas en la discriminación.

Finalmente puede decirse que la actividad profesional a través de políticas fijadas por los integrantes del colectivo profesional y la sociedad en su conjunto, es **necesariamente** uno de los vehículos transmisores de estos valores socialmente legitimados. En especial, en la actividad profesional, además de un correcto desempeño técnico, son las actitudes del profesional las que marcarán el comportamiento social.

### **3. Aspectos ontológicos<sup>1</sup>**

Estos aspectos se vuelcan como se ha dicho en los denominados códigos de ética, que en el caso de los ingenieros, son establecidos, en nuestro país, por una ley emanada del Congreso Nacional, del mismo modo que en otros lugares del mundo. Existen otros países en los que los códigos son establecidos por las corporaciones o colectivos profesionales y aplicada de común acuerdo por ellos.

Un código de ética, por lo tanto, fija normas que regulan los comportamientos de

<sup>1</sup> Perteneciente o relativo a la ontología. Ontología: Parte de la metafísica que trata del ser en general y de sus propiedades trascendentales.

los ingenieros dentro de la sociedad, frente a sus pares y sus clientes o comitentes. Su cumplimiento es obligatorio para quienes integren ese colectivo social, y en general son los mismos pares los encargados de velar y juzgar el cabal cumplimiento del mismo.

*"No divulgar información confidencial, no discriminar a los clientes o los colegas por motivos de raza, nacionalidad, política o religión, no aceptar sobornos o prebendas."* Por ejemplo, son algunos de los postulados que suelen estar incluidos en los códigos de ética. Algunas de estas actitudes pueden incluso estar encuadradas en otras leyes que castigan u obligan a su cumplimiento.

Uno de los objetivos de estos códigos es uniformizar ciertas conductas y quitar la discrecionalidad de quienes deban juzgar las actitudes de un ingeniero en el futuro.

Asociándolo al punto anterior los códigos de ética establecen los **mínimos** valores que representan el conjunto de profesionales involucrados.

Existen como en todo, zonas grises que deberán dilucidarse por los llamados Tribunales de Ética, que son cuerpos formados por colegas que deben interpretar la conductas de los ingenieros a la luz del Código de Ética y de la interpretación amplia del mismo.

En algunos países como EEUU, las mismas asociaciones profesionales, han establecido sistemas de consulta "on line" para que los interesados consulten sobre situaciones no claramente contempladas en los códigos.

Como puede apreciarse lo que se busca es la autorregulación de la actuación ética de los profesionales, estableciendo las actuaciones de mínima en base al conjunto de valores explicitado por el colectivo de ingenieros atendiendo a los valores explicitados por ese grupo y por la sociedad en su conjunto.

Las actuaciones éticas en muchos casos exceden los mínimos establecidos en los códigos y/o en las leyes generales y normativas técnicas. Son actitudes morales que exceden esos marcos y que deben ser analizados por cada ingeniero a la hora de tomar decisiones en su actividad profesional.

Se adjunta en el anexo 1, el código de ética para las profesiones de Ingeniero, Arquitecto y Agrimensor, establecido por ley en la República Argentina.

#### **4. Análisis de casos**

La mejor manera de comprender estos puntos y evaluar actuaciones desde el punto de vista ético dentro de la profesión de ingeniero es analizar casos paradigmáticos.

##### **Edificio del CITICORP en Nueva York**

Se trataba de un edificio de 59 pisos destinado al funcionamiento de la sede central del Banco City en la ciudad de Nueva York, a construirse durante de la década de 1970.

El edificio de planta cuadrangular, esta compuesto estructuralmente por 4 grandes columnas ubicadas en el centro de cada lado dejando las esquinas en voladizo y un núcleo central de circulación (ascensores y escaleras) formado por tabiques de hormigón armado. El proyectista era un reconocido ingeniero estructural llamado W. J. LeMessurier.

Para tomar los esfuerzos horizontales (es decir que resista la acción de las fuerzas horizontales producidas por viento o sismo) se establecieron diagonales que unían las columnas y se ubicaban en el perímetro detrás de las fachadas vidriadas.

Si bien el ingeniero nombrado era el proyectista principal debe recordarse que en proyectos de semejante envergadura participa un gran número de profesionales con diferente antigüedad y experiencia en la profesión, trabajando en las diversas partes del diseño estructural.

Las cargas horizontales se supusieron como fijaba la normativa técnica local, considerando fuerzas horizontales en dos direcciones ortogonales, no simultáneas. Este proyecto fue evaluado por un grupo de consultores externos al proyecto y consideraron al mismo adecuado.

Una vez completado el proyecto y mientras se ejecutaban las fases finales del montaje de la estructura del edificio, al ingeniero LeMessurier planteó a un grupo de profesionales jóvenes y estudiantes avanzados, sólo como ejercicio intelectual que ocurriría si el viento soplará con un ángulo de 45° respecto de las dos direcciones analizadas precedentemente. Cuando estos ingenieros le alcanzaron sus resultados comprobó que en las uniones entre las diagonales y las columnas, se producían esfuerzos superiores hasta en un 40% a los calculados según los criterios normativos antes establecidos.

Al consultar con los colegas que intervinieron en el diseño de los detalles descubrió con sorpresa que habían decidido cambiar las uniones soldadas, que le hubiesen otorgado una "sobre resistencia" adecuada a los nudos (unión de vigas, columnas y tensores), por uniones abulonadas por ser estas menos costosas.

LeMessurier consultó privadamente a los asesores externos que habían evaluado la estructura y un destacado ingeniero estructural, y ambos concluyeron que de producirse una tormenta que produjese un viento a 45° respecto de los lados del edificio, el mismo podría colapsar.

El propio ingeniero LeMessurier cuenta que le quedaban varias alternativas:

- 1.- Callar estos hechos y esperar que la tormenta nunca llegase a suceder durante la vida útil del edificio.
- 2.- Contar lo que descubrió y luego suicidarse para evitar la vergüenza por el riesgo que su trabajo profesional había producido.
- 3.- Contar al comitente (Citicorp) que errores se habían cometido, cuales eran los riesgos, y proponer medidas correctivas asumiendo las consecuencias de ese error.

Afortunadamente optó por la tercera, afrontando el riesgo de quedar arruinado profesional y económicamente y caer en desgracia ante la sociedad y sus colegas. Demostrando un gran coraje personal, una fuerte responsabilidad social y una extraordinaria actitud ética.

Los propietarios del edificio mostraron un espíritu de colaboración y valorando la responsabilidad del profesional involucrado. Se colocaron refuerzos en los nudos, aunque ello significara un fuerte costo extra y una demora en la inauguración del edificio, asegurando la estabilidad de la obra.

Se logró, por lo tanto, un arreglo de caballeros satisfactorio para todas las partes.

Puente sobre el Río San Lorenzo en Quebec

A fines del siglo XIX, se proyectó un puente metálico con un vano central de 448 metros, formado por dos voladizos de 172 m cada uno y una viga central de 205 m. Los propietarios de la obra contrataron al ingeniero T. Cooper, quien era un profesional de reconocida experiencia en este tipo de obras, con cerca de 70 años de edad y había comenzado a sufrir problemas de salud que finalizarían con su muerte en 1919.

El ing. Cooper realizó un anteproyecto para licitar la obra con la condición de que la firma ganadora efectuara el proyecto ejecutivo y de detalles. Por su parte el propietario nombró al ing. Cooper como asesor para decidir que empresa resultaba adjudicada y como evaluador del proyecto final presentado por la misma.

La firma ganadora fue la Phoenix Bridge Co., la cual también era una empresa experimentada en este tipo de puentes.

A poco de comenzar con el proyecto comenzaron los problemas económicos que llevaron a una serie de cambios en el diseño del puente. Se agrandaron las luces llevando el tramo central a 549 m de luz, buscando terrenos donde se pudiesen construir cimientos más económicos. Durante todo el proyecto el ingeniero jefe de la empresa Phoenix Bridge Co., estuvo presionado por los propietarios para reducir costos aun en detrimento de los materiales y las secciones de acero necesarias.

Nadie efectuó la revisión del diseño ni de los cambios, ya que se decidió acotar la participación del Ing. Cooper quien solo fue a la obra tres veces, entre otras cosas por sus problemas de salud. Como consecuencia de la situación, se omitió verificar que con las nuevas luces el peso propio de la estructura aumentó un 17% incrementando un 10% los esfuerzos en las barras metálicas. No se tuvo en cuenta que este incremento de solicitud afectaba tanto a elementos traccionados como comprimidos, siendo estos últimos más sensibles por el problema del pandeo<sup>2</sup>. Finalmente se asignó a un ingeniero sin experiencia previa la función de jefe de obra.

Es decir, con un proyectista experimentado, pero ya demasiado viejo, enfermo y acotado en sus atribuciones, un diseñador que sucumbió ante las presiones económicas desdeñando errores que podrían ser graves, y con un ingeniero de obra inexperto para tomar las decisiones que aplicadas rápidamente podrían minimizar los riesgos, se completó el cóctel que llevaría a la falla del puente.

Durante la construcción del voladizo en margen derecha, en agosto de 1907, el ingeniero de obra notó deformaciones 57mm más grandes que las esperadas. Surgieron las inquietudes pero nadie en obra tenía la autoridad ni técnica, ni legal para detener las labores, ni tenían experiencia para valorar la gravedad de la situación.

El ingeniero viajó a Nueva York para plantearle a Cooper el problema. Este indicó que no convenía seguir agregando carga hasta evaluar el problema. El ingeniero de obra envió un telegrama a la empresa en Phoenix para que detengan los trabajos en lugar de enviarlo a la obra. En la empresa nadie tomaba la decisión de telegrafiar a la obra dando instrucciones precisas. Cuando finalmente el telegrama se envió a Quebec, el puente ya había colapsado costando la vida de obreros y la perdida de todo lo ejecutada hasta la fecha.

<sup>2</sup> Inestabilidad Estructural

Las investigaciones posteriores demostraron las responsabilidades y negligencias de cada uno de los profesionales citados, y las faltas a la ética profesional cometidas por los mismos. Todo ello culminó con el infierno personal de los ingenieros intervenientes, además de cargar en sus conciencias con las muertes de los operarios accidentados durante el colapso.

#### Aspectos ambientales de una Fábrica Autopartista

Se estaba estudiando la instalación de una empresa autopartista en una ciudad industrial de Argentina. Esta firma era una subsidiaria de una fábrica matriz procedente de Alemania. Antes de adquirir el predio la empresa decidió realizar estudios geotécnicos en 7 sitios diferentes factibles de adquisición. Estos estudios debían determinar las condiciones del subsuelo para estimar el tipo y profundidad de los cimientos necesarios, así como la profundidad del nivel freático y los análisis químicos del suelo y el agua para detectar eventuales problemas de contaminación ambiental.

Los ensayos debían realizarse siguiendo las normas y protocolos establecidos internamente por la casa matriz para todas sus fábricas. Estas normas y protocolos resultaron más exigentes que los establecidos por las leyes ambientales de la ciudad donde debían instalarse.

Al efectuar los ensayos se determinó que en la mayoría de los sitios estudiados (6 de ellos), en particular los más económicos, si bien el suelo no mostraba contaminación química significativa, el agua del nivel freático presentaba altos valores materia orgánica, presencia de combustibles e incluso vestigios de metales pesados. El séptimo sitio por el contrario presentaba valores de contaminación menores a los fijados incluso por los criterios más exigentes, pero se encontraba un sector cuyo costo era sensiblemente superior.

Los valores de contaminación detectados en cuanto a materia orgánica eran superiores a los admitidos local e internacionalmente para el agua potable, pero como esa agua no se usaría con ese fin, esto no era óbice para la adquisición de esos sitios.

Por el contrario los contenidos de combustibles y metales pesados eran inferiores a los máximos admitidos por las normas locales, pero superiores a los fijados por las especificaciones internas de la empresa.

Esto generó entre los ingenieros intervenientes una serie de discusiones tratando de dilucidar la cuestión. Es decir debían descartarse esos sitios de bajo costo por cuestiones de contaminación y adoptar sólo el sitio que presentaba valores bajos?

Por una parte la contaminación no era superior a la admitida localmente, es decir los aspectos legales estaban cubiertos, pero por la otra se superaban los máximos admitidos internamente y para cumplir con ellos se debía gastar más dinero en la compra del predio.

#### Que hacer?

- 1.- Comprar uno de los sitios más económicos, informar que se cumplía con legislación local y no comunicar a las autoridades la contaminación con combustibles y metales pesados. Esperando incluso un reconocimiento por parte de los propietarios de la firma por el ahorro producido.

## Introducción a la Ingeniería

Ing. R. Terzariol

2.- Adquirir el sitio que cumplía con los requerimientos más exigentes e informar a las autoridades de la contaminación, aun cuando esto era un exceso de celo y podría traer problemas financieros para la instalación de la empresa.

Luego de consultas con expertos técnicos y legales, primó el criterio ético sobre el económico, se decidió la compra del terreno que cumplía con los requisitos internos aun cuando estos fueran superiores a los legalmente admisibles. Además se dió esta información a las autoridades locales manteniendo la responsabilidad social que debe tener un profesional.

### Conclusiones

Como se indicó el problema de la ética profesional es una cuestión moral, deontológica y de valores personales, sociales y del colectivo de ingenieros.

Estos valores deben estar explicitados por la sociedad y los ingenieros para que todos expresen sus ideas al respecto y se autorregule su cumplimiento.

Los códigos de ética establecen los mínimos aspectos a cumplir pero una actuación ética supera los aspectos legislados en los mismos.

En los ejemplos analizados se puede ver que:

a.- En el primer caso una valiente y ética actuación profesional eventualmente salvo bienes y vidas aun a costa de las sanciones legales, económicas y sociales que pudiera recibir el ingeniero involucrado.

b.- En el segundo, por el contrario, la actitud negligente del proyectista, la actuación deficiente del diseñador y la aceptación de una encomienda profesional para la cual no estaba calificado por parte del ingeniero de obra, llevaron al colapso de una obra provocando la pérdida de vidas y bienes. Todo esto terminó con el descrédito de los profesionales y eventualmente de la misma profesión de ingeniero.

c.- El tercer caso es un caso típico donde la actuación ética está por encima de los aspectos legales vigentes. En esta situación la actuación ética de los ingenieros intervenientes no sólo redundó en el cumplimiento de las condiciones del comitente sino que a la larga puede incluso redundar en una adecuación de las normas locales hacia reglamentaciones ambientalmente más exigentes y por ende más seguras para la sociedad.

## ANEXO 1

# CÓDIGO DE ÉTICA PARA LA AGRIMENSURA, ARQUITECTURA E INGENIERÍA, DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

### PREÁMBULO

Definición de Ética Profesional y fijación del alcance de las reglas de ética.

La Ética Profesional es el conjunto de los mejores criterios y conceptos que debe guiar a la conducta de un sujeto por razón de los más elevados fines que puedan atribuirse a la profesión que ejerce.

- Las reglas de ética que se mencionan en el presente Código no implican la negación de otras no expresadas y que puedan resultar del ejercicio profesional consciente y digno.

### 1. LIBRO PRIMERO

1.1. Los Agrimensores, Arquitectos e Ingenieros en todas sus diversas especialidades, están obligados, desde el punto de vista ético, a ajustar su actuación profesional a los conceptos básicos y a las disposiciones del presente Código.

1.2. Es deber primordial de los profesionales respetar y hacer respetar todas las disposiciones legales y reglamentarias que incidan en actos de la profesión. Es también deber primordial de los profesionales velar por el prestigio de la profesión.

### 2. LIBRO SEGUNDO DE LOS DEBERES QUE IMPONE LA ÉTICA PROFESIONAL

2.1. Deberes del profesional para con la dignidad de la profesión.

2.1.1. Son deberes éticos de todo profesional mencionado en el punto 1.1. de este Código:

2.1.1.1. Contribuir con su conducta profesional y por todos los medios a su alcance, a que en el consenso público se forme y se mantenga un exacto concepto del significado de la profesión en la sociedad, de la dignidad que la acompaña y del alto respeto que merece.

2.1.1.2. No ejecutar actos reñidos con la buena técnica, aún cuando pudiere ser en cumplimiento de órdenes de autoridades, mandantes o comitentes.

2.1.1.3. No ocupar cargos rentados o gratuitos en instituciones privadas, o empresas, simultáneamente con cargos públicos cuya función se halle vinculada con la de aquéllas; ya sea directamente, o a través de sus componentes.

2.1.1.4. No competir con los demás colegas mediante concesiones sobre el importe de los honorarios, directa o indirectamente a favor del comitente y que, bajo cualquier denominación signifiquen disminuir o anular los que corresponderían por aplicación del mínimo fija-do en el arancel.

2.1.1.5. No tomar parte en concursos sobre materias profesionales en cuyas bases aparezcan disposiciones o condiciones reñidas con la dignidad profesional; con los principios básicos que inspiran a este Código o sus disposiciones expresas o tácitas.

2.1.1.6. No conceder su firma, a título oneroso ni gratuito, para autorizar planos, especificaciones, dictámenes, memorias, informes y toda otra documentación profesional,

que no hayan sido estudiados o ejecutados o controlados personalmente por él.

2.1.1.7. No hacer figurar su nombre en anuncios, membretes, sellos, propaganda y demás medios análogos, junto al de otras personas que sin serlo, aparezcan como profesionales.

2.1.1.8. No recibir o conceder comisiones, participaciones y otros beneficios, con el objeto de gestionar, obtener o acordar designaciones de índole profesional o la encomienda de trabajos profesionales.

2.1.1.9. No hacer uso de medios de propaganda en los que la jactancia constituya la característica saliente o dominante, o consista en avisos exagerados o que muevan a equívocos. Tales medios deberán siempre ajustarse a las reglas de la prudencia y el decoro profesional.

2.1.1.10. Oponerse como profesional y en carácter de consejero del cliente, comitente o mandante, a las incorrecciones de éste en cuanto atañe a las tareas profesionales.

## 2.2. Deberes del profesional para con los demás profesionales.

2.2.1. Los deberes para con los colegas, que en este artículo se enuncian, son extensivos a todos los profesionales mencionados en el punto 1.1, entre sí. Son deberes de todo profesional para con sus colegas:

2.2.1.1. No utilizar sin autorización de sus legítimos autores y para su aplicación en trabajos profesionales propios, ideas, planos y demás documentación pertenecientes a aquellos.

2.2.1.2. No difamar ni denigrar a colegas, ni contribuir en forma directa o indirecta a su difamación o denigración con motivo de su actuación profesional.

2.2.1.3. Abstenerse de cualquier intento de sustituir al colega en un trabajo iniciado por éste, no debiendo en su caso aceptar el ofrecimiento de reemplazo hasta tanto haya tenido conocimiento fehaciente de la desvinculación del colega con el comitente. En este supuesto deberá comunicar el hecho al reemplazado y advertir al comitente acerca de su obligación de abonar al colega los honorarios de los que éste sea acreedor. En ningún caso deberá emitir opinión sobre la pertinencia o corrección del monto o condiciones de tales honorarios.

2.2.1.4. No renunciar a los honorarios ni convenirlos o aceptarlos por un monto inferior al que corresponda según la normas arancelarias excepto que se den alguna de estas circunstancias: a) Mediante especial y suficiente autorización concedida por la Junta Central de acuerdo al Artículo 20 inc. 12) del Decreto-Ley N° 6070/58 (Ley 14.467); b) Se trate de honorarios ya devengados por tareas terminadas; c) Se trate de trabajos cuyos honorarios deban ser abonados por ascendientes o descendientes en línea recta, hermanos o cónyuge del profesional.

2.2.1.5. No designar ni influir para que sean designadas en cargos técnicos que deben ser desempeñados por profesionales, personas carentes de título habilitante correspondiente.

2.2.1.6. Abstenerse de emitir públicamente juicios adversos sobre la actuación de colegas o señalar errores profesionales en que incurrieren, a menos que medien algunas de las circunstancias siguientes:

a) Que ello sea indispensable por razones ineludibles de interés general.

b) Que se les haya dado antes la oportunidad de reconocer y rectificar aquella actuación y esos errores, sin que los interesados hicieren uso de ella.

2.2.1.7. No evacuar consultas de comitentes, referentes a asuntos que para ellos

proyecten, dirijan o conduzcan otros profesionales ó respecto a la actuación de éstos en esos asuntos, sin ponerlos en conocimiento de la existencia de tales consultas y haberles invitado a tomar intervención conjunta en el estudio necesario para su evacuación, todo ello dentro del mismo espíritu que inspira al punto 2.2.1.6. que antecede.

2.2.1.8. Fijar para los colegas que actúen como colaboradores o empleados suyos, retribuciones o compensaciones adecuadas a la dignidad de la profesión y a la importancia de los servicios que presten.

2.3. Deberes del profesional para con los clientes y el público en general.

2.3.1. Son deberes de todo profesional para con sus clientes y hacia el público en general:

2.3.1.1. No ofrecer, por medio alguno, la prestación de servicios cuyo objeto, por cualquier razón de orden técnico, jurídico, reglamentario, económico o social, etc., sea de muy dudoso o imposible cumplimiento, o si por sus propias circunstancias personales el profesional no pudiere satisfacer.

2.3.1.2. No aceptar en su propio beneficio, comisiones, descuentos, bonificaciones y demás análogas, ofrecidas por proveedores de materiales, artefactos o estructuras, por contratistas y/o por otras personas directamente interesadas en la ejecución de los trabajos que el profesional proyecte o dirija.

2.3.1.3. No asumir en una misma obra las funciones de director al mismo tiempo que las de contratista total o parcial.

2.3.1.4. Mantener secreto y reserva respecto de toda circunstancia relacionada con el cliente y con los trabajos que para él efectúa, salvo obligación legal.

2.3.1.5. Advertir al cliente los errores en que éste pudiere incurrir, relacionados con los trabajos que el profesional proyecte, dirija o conduzca, como así también subsanar los que él mismo pudiera haber cometido y responder civilmente por daños y perjuicios conforme a la legislación vigente.

2.3.1.6. Manejar con la mayor discreción los fondos que el cliente pusiere a su cargo, destinados a desembolsos exigidos por los trabajos a cargo del profesional y rendir cuentas claras, precisas y frecuentes, todo ello independiente y sin perjuicio de lo establecido en las leyes vigentes.

2.3.1.7. Dedicar toda aptitud y atender con la mayor diligencia y probidad los asuntos de su cliente.

2.4. Deberes entre los profesionales que se desempeñan en la función pública y los que lo hacen en la actividad privada.

2.4.1. Los profesionales que se desempeñan en la actividad privada, al resolver los diversos problemas técnicos, deben considerarse auxiliares de la administración pública, pero no dependientes de ésta.

2.4.2. Los profesionales se deben entre sí el trato mesurado y respetuoso que corresponde a la calidad de colegas, sin perjuicio de la atención de los intereses de sus comitentes.

2.5. Deberes del profesional en su actuación ante contratos.

2.5.1. El profesional que dirige el cumplimiento de contratos entre su cliente y terceras personas es ante todo, asesor y guardián de los intereses de su cliente, pero estas funciones no significan que le es lícito actuar con parcialidad en perjuicio de aquellos terceros.

2.5.2. El profesional no debe admitir sin la total aprobación expresa del cliente, la inserción de cláusula alguna en propuesta, presupuestos, y demás documentos contractuales, que establezcan pagos de honorarios y/o gastos a serle efectuados a él por el contratista.

Este punto es aplicable tanto a pagos por honorarios normales y corrientes, como por honorarios suplementarios y/o extraordinarios, como también a reembolsos o entregas por gastos efectuados o a efectuar.

## 2.6. De los profesionales ligados entre sí por relación de jerarquía.

2.6.1. Todos los profesionales a que se refiere el presente Código, que se hallen ligados entre sí por razón de jerarquía ya sea en administraciones y/o establecimientos públicos o privados, se deben mutuamente, independientemente y sin perjuicio de aquella relación, el respeto y el trato impuestos por la condición de colegas con el espíritu extensivo establecido en el punto 2.2.1.

2.6.2. Todo profesional debe cuidarse de no cometer ni permitir o contribuir a que se cometan actos de injusticia en perjuicio de otro profesional, tales como destitución, reemplazo, disminución de categoría, aplicación de penas disciplinarias, sin causa demostrada y justa.

2.6.3. El profesional superior jerárquico debe cuidarse de proceder en forma que no desprestigie o menoscabe a otros profesionales que ocupen cargos subalternos al suyo.

2.6.4. El profesional subalterno jerárquico está recíprocamente con respecto al superior, en la misma obligación establecida en el punto 2.6.3. precedente, independientemente y sin perjuicio de las disposiciones reglamentarias que pudieran existir para el caso.

2.6.5. Todo profesional tiene el deber de no beneficiarse suplantando al colega -en el sentido extensivo del punto 2.2.1.- injustamente desplazado.

## 2.7. De los profesionales en los concursos.

2.7.1. El profesional que se disponga a tomar parte en un concurso por invitación privada y considere que sus bases transgreden las normas de ética profesional, debe consultar al Consejo de su matrícula sobre la existencia de la transgresión.

2.7.2. A los efectos del punto 2.7.1., la invitación a dos o más profesionales, a preparar en oposición, planos y elementos complementarios para un mismo proyecto, se considera concurso, a menos que a cada uno de los profesionales, individuales o asociados, se les pague el honorario que por Arancel corresponde a la tarea realizada.

2.7.3. El profesional que haya actuado como asesor en un concurso debe abstenerse luego de intervenir directa o indirectamente en las tareas profesionales requeridas por el desarrollo del trabajo que dio lugar al mismo, salvo que su intervención estuviera establecida en las bases del concurso.

2.7.4. Cuando un profesional es consultado por el promotor con miras a designarlo asesor, respecto a la realización de un concurso y luego se decide no realizarlo, sino designar a un profesional para que efectúe el trabajo que habría sido objeto de ese concurso, el antes consultado está inhibido de aceptar esta última encomienda.

2.7.5. El profesional que toma parte en un concurso está obligado a observar la más estricta disciplina y el más severo respeto hacia el asesor, los miembros del jurado y los concurrentes de ese concurso. Falta a esta regla si se alza injustamente del fallo o publica críticas al mismo y/o a cualquiera de los trabajos presentados, atribuyendo a cualquiera de esos profesionales sin demostración concluyente, procederes y/o conductas inadecuadas.

2.8. De las faltas de ética.

2.8.1. Incurre en falta de ética todo profesional que comete transgresión a uno o más de los deberes enunciados en los puntos de este Código, sus conceptos básicos y normas morales no expresadas textualmente en el presente Código.

2.8.2. Es atribución del Tribunal de Ética Profesional determinar la calificación y sanción que corresponde a una falta o conjunto de faltas en que se pruebe que un profesional se halle incurso.

2.8.3. Las faltas de ética calificadas por el Tribunal quedan equiparadas a faltas disciplinarias, atentatorias a la dignidad de la profesión, a los efectos de la aplicación de penalidades que pudieran corresponder, en virtud de las disposiciones del Artículo 28, Decreto-Ley N° 6070/58 (Ley 14.467) y sus concordantes.

• **3. LIBRO TERCERO NORMAS DE PROCEDIMIENTOS**

3.1. Sustanciación de la causa en los Consejos y en la Junta Central.

3.1.1. Las causas de ética se radicarán ante el Consejo Profesional en el que estuviere matriculado el imputado y podrán promoverse por denuncia, por solicitud del profesional de cuya actuación se trate, o de oficio por el Consejo competente.

3.1.2. Las denuncias deberán formularse por escrito y deberán contener:

a) El nombre, el domicilio real y la identificación individual del denunciante, quien deberá constituir domicilio especial a los efectos de las notificaciones que hubieren de practicarse.

b) El nombre del profesional a quien se denuncie, o en su defecto, las referencias que permitan su individualización y su domicilio.

c) La relación de los hechos que fundamenten la denuncia.

d) Los elementos y medidas de prueba que se ofrezcan.

3.1.3. La denuncia será ratificada ante el Consejo interviniente, para lo cual el denunciante será citado por el plazo prudencial que se le fije. Vencido dicho plazo sin que medie ratificación, la denuncia será reservada y dentro de los tres meses de dispuesta la reserva, sin que haya sobrevenido la ratificación se ordenará de oficio la caducidad de la denuncia y el archivo de lo actuado. Sin embargo, el Consejo interviniente, atendiendo a la gravedad y verosimilitud de los cargos formulados, podrá proseguir de oficio la investigación.

3.1.4. El profesional que solicite la investigación de su propia conducta, deberá formalizar por escrito tal pretensión, cumpliendo con los requisitos que se establecen en los puntos 3.1.2. y 3.1.3.

3.1.5. El Consejo interviniente podrá rechazar la denuncia cuando fuere manifiestamente improcedente. Tal decisión será notificada al denunciante, quien, dentro de los cinco días hábiles de notificado, podrá interponer recurso de apelación fundado el que será resuelto por la Junta Central.

3.1.6. Cuando un Consejo Profesional decidiera iniciar de oficio una causa se labrará un acta precisando contra quién se dirigen los cargos y la relación de los hechos y razones que fundamenten la necesidad de la investigación.

3.1.7. En caso en que la denuncia involucre a profesionales matriculados en diferentes Consejos Profesionales, la tramitación será efectuada por la Junta Central de los

### 3.2. Normas Procesales

3.2.1. Iniciada la causa se dará traslado de la denuncia, o en su caso, del acta al que se refiere el punto 3.1.6. al imputado, para que éste formule su descargo y proponga las medidas probatorias de que intente valerse. Para ello tendrá un plazo de diez días hábiles contados a partir de la notificación si se domiciliare en Capital Federal. Si el imputado se domiciliare fuera de la Capital Federal se ampliará razonablemente el plazo en función de la distancia.

3.2.2. El Consejo interviniente a cuyo cargo se encuentre la instrucción ordenará las medidas de prueba que juzgue pertinentes y fijará las audiencias necesarias para su recepción, de todo lo cual se notificará al denunciado. El denunciado podrá contar con asistencia letrada.

3.2.3. Producida la prueba, el Consejo interviniente elaborará un informe de relación de la causa y de las medidas probatorias diligenciadas, como también respecto de su mérito y de las conclusiones susceptibles de ser extraídas. De este informe se dará traslado al denunciado por un plazo de seis días para que produzca su alegato.

3.2.4. Dentro de los cinco días de vencido el plazo aludido en el punto anterior, el Consejo interviniente elevará la causa a la Junta Central que, previo dictamen de su Asesor Legal, dictará resolución dentro de los treinta días de quedar las actuaciones en estado. Podrá la Junta, si lo creyere conveniente, dictar medidas probatorias para mejor proveer de cuya producción deberá darse vista al denunciante por cinco días.

3.2.5. La resolución de la Junta Central deberá declarar si la conducta investigada constituye o no transgresión a las normas de la Ética Profesional y, en caso afirmativo, determinar su existencia, individualizar los deberes y disposiciones violados, efectuar la calificación de la falta y decidir acerca de la imposición de alguna de las sanciones previstas en el Art. 28 del Decreto-Ley 6070/58 (Ley 14.467). La sanción será ejecutada por el Consejo Profesional en el cual estuviere matriculado el sancionado.

3.2.6. El Consejo Profesional interviniente o la Junta Central podrá disponer la suspensión del procedimiento cuando por los mismos hechos objeto de la causa estuviere pendiente una resolución judicial que pudiere tener incidencia en la decisión.

3.2.7. Los profesionales a que se refiere el presente Código no podrán ser sancionados después de haber transcurrido tres años de cometida la falta que se les impute. Dicho plazo quedará interrumpido si antes de su transcurso el profesional es sometido a causa de ética.

3.2.8. En todo cuanto no esté previsto en este libro, se aplicará la Ley Nacional N° 19.549 de Procedimientos Administrativos y la Reglamentación aprobada por el decreto N° 1759/72, sus normas modificatorias y complementarias.

### Actividades

1. En el caso de "edificio del CITICORP en Nueva York" de haber optado El Ingeniero por la opción uno cuales hubiesen sido los aspectos éticos no considerados?
2. ¿Podría explicitar a su criterio cuales fueron los valores que no consideraron los Ingenieros interviniéntes en el caso "Puente sobre el Río San Lorenzo en Quebec"?
3. Fernando Savater en el libro "Ética para Amador" define: Moral, como el Conjunto de comportamientos y normas que un individuo y la sociedad aceptan como válidos; Ética, como la reflexión sobre por qué los consideramos válidos y la comparación con otras "morales" que tienen personas diferentes. En función de estas definiciones realice un pequeño párrafo vinculando los términos, moral, ética profesión del ingeniero y política.
4. ¿Que es y en que se basa el modelo de código de ética del FMOI?
5. En relación al deber ser de: "*Respetar la confiabilidad y dar a conocer los conflictos de interés*", de un ejemplo de una situación en la que lo aplicaría.
6. ¿Cuál debe ser la actitud en la práctica de la profesión de ingeniero en relación a:
  - Conocimiento
  - Materias Primas
  - Energía
  - Producción de residuos

## FEDERACION MUNDIAL DE ORGANIZACIONES DE INGENIEROS

### EL "MODELO FMOI" DE CÓDIGO DE ÉTICA DE LOS INGENIEROS

Nota de presentación preparada por William Carroll para su tratamiento en Moscú donde el Modelo de Código de Ética fue aprobado por unanimidad por la Asamblea General de la Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros (FMOI) (14-09-01)

Moscú, septiembre de 2001

Estimados miembros de FMOI:

Durante la reunión del Consejo Ejecutivo realizada en el mes de septiembre de 2000, en Bucarest, Rumania, se decidió que junto a David Thom (Nueva Zelanda) prepararíamos una nueva versión del Modelo FMOI del Código de Ética que incorporaría el Código de Ética Ambiental previamente aprobado, elaborado principalmente por el ex Presidente Conrado Bauer entre 1981 y 1985, a los trabajos realizados por Don Laplante (Canadá), David Thom y otros, sobre los principios éticos que los ingenieros deberíamos seguir en nuestra práctica diaria de la ingeniería. Se propuso que proyectáramos un borrador combinando estos códigos y que lo presentáramos ante el Director Ejecutivo, Pierre de Boigne, para su posible traducción al francés y al español, y luego distribuirlo a nuestros Miembros para su análisis y comentarios.

Así se hizo, se recibieron muy pocos comentarios y, por lo tanto, ahora se propone discutir ese borrador en esta Asamblea General de Moscú y posiblemente incorporar algunas modificaciones o agregados que aquí se sugieran. Luego debería adoptarse como el Modelo FMOI del Código de Ética oficial. Cada nación Miembro debería intentar por todos los medios que las Organizaciones de Ingenieros de sus países adopten el Modelo de Código o asegurarse que cada una de las diferentes organizaciones de ingenieros que tenga su propio código, cumpla con sus normas, y que sea compatible con el Código FMOI.

La razón que subyace al hincapié que hacemos sobre la importancia de este Modelo de Código para la Ingeniería radica en que nuestra profesión está cambiando rápidamente, especialmente desde el punto de vista de los negocios, ya que la mayoría de los proyectos de infraestructura mundiales –ya sean públicos o privados– son diseñados y construidos por importantes empresas ingenieriles privadas. Estas corporaciones, por medio de fusiones y adquisiciones, son principalmente multinacionales con oficinas en muchos países, pertenecientes a y operadas por diversos intereses nacionales. Como resultado de esta diversidad, las prácticas de negocios pueden variar mucho y, por lo tanto, es imprescindible esforzarse para determinar un nivel posible de comportamiento básico. Es esencial que nuestra profesión

establezca valores y niveles bases que puedan ser alcanzados por todos. Es nuestra obligación que las pautas de responsabilidad ambiental, la salud y la seguridad de las personas, nuestra integridad y la de nuestros clientes sean nuestra prioridad. Debemos promover y mantener la equidad social, la prosperidad económica para todos y la integridad ambiental. Los principios descriptos en este Código deben formar parte de nuestra cultura de la Ingeniería.

Todos somos conscientes de que existen diferentes culturas sociales, religiosas, raciales y morales en todo el mundo. Como ingenieros, debemos trabajar en forma conjunta con estas fuerzas diversas, poniendo énfasis en cómo la aplicación de nuestra tecnología puede beneficiar a la sociedad mundial. Como lo establece la introducción de este Modelo de Código, debemos adoptar una filosofía de comportamiento basada en los "*principios amplios de sinceridad, honestidad y honradez, de respeto a la vida y al bienestar, de justicia, de franqueza, de competencia y de responsabilidad*".

Los que hemos trabajado en este Modelo de Código creemos que viviremos para ver logrados los principios enumerados en el mismo. Esperamos que FMOI pueda aprobar este Código aquí en Moscú, para así poder cumplir con nuestra responsabilidad social.

Nuestros más sinceros deseos de éxito:

David Thom, Conrado Bauer y William Carroll.

## FEDERACIÓN MUNDIAL DE ORGANIZACIONES DE INGENIEROS

### EL MODELO FMOI DEL CÓDIGO ÉTICO

#### I PRINCIPIOS GENERALES.

Generalmente se entiende la ética como una disciplina o campo de estudio que trata los deberes y obligaciones morales. Esto normalmente da origen a una serie de principios directores o valores que, a su vez, son usados para juzgar la conveniencia de conductas o comportamientos particulares. Estos principios se presentan corrientemente, bien como grandes líneas directrices de naturaleza idealista o inspirada, o bien como una serie detallada y específica de reglas expresadas en términos legales o imperativos para hacerlas más aplicables. Profesiones a las que se les ha concedido el privilegio y la responsabilidad de autorregularse, como es el caso de la ingeniería, se han inclinado a optar por la primera alternativa, adoptando conjuntos de principios fundamentales como códigos de ética profesional que forman la base y la estructura para la práctica profesional responsable. En este contexto, los códigos éticos profesionales han sido a veces interpretados incorrectamente como un conjunto de 'reglas' de conducta a observar de forma pasiva. Sería más apropiado que los profesionales interpretaran el espíritu de estos principios a lo largo de su proceso de toma de decisiones de una manera dinámica que responda mejor a las exigencias de la situación. Como

consecuencia, un código de ética profesional es más que un mínimo estándar de conducta; más bien es el conjunto de principios que deben guiar a los profesionales en su trabajo diario.

En resumen, el modelo del código aquí consignado expresa las expectativas de los ingenieros y de la sociedad en la discriminación de las responsabilidades profesionales de aquéllos. El código está basado en principios amplios de sinceridad, honestidad y honradez, de respeto a la vida y al bienestar, de justicia, de franqueza, de competencia y de responsabilidad. Aún cuando algunos de estos grandes principios no están definidos de forma precisa, sin embargo, resultan aplicables a la práctica profesional de la ingeniería. Por ello, ciertos principios éticos más generales, que no se incluyen habitualmente en los códigos de la ética profesional, deben aceptarse implícitamente al juzgar el desempeño profesional del ingeniero.

Las cuestiones relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible ignoran las barreras geográficas. Los ingenieros y ciudadanos de todos los países deben conocer y respetar la ética medio ambiental. Es deseable, por tanto, que los ingenieros en cada país continúen observando la filosofía de los Principios Éticos Medioambientales descritos en la sección III de este Código.

## II. ÉTICA DE LA PRACTICA PROFESIONAL.

Los ingenieros profesionales deben:

- Conceder la máxima importancia a la seguridad, salud y bienestar del público y a la protección del entorno natural y construido en concordancia con los Principios del Desarrollo Sostenible <sup>(1)</sup>
- Fomentar la salud y seguridad en el lugar de trabajo.
- Ofrecer servicios, informar o acometer trabajos de ingeniería sólo en áreas de su competencia y ejercer su profesión de una manera cuidadosa y diligente.
- Actuar como agentes fieles de sus clientes y patrones<sup>\*</sup>, respetar la confidencialidad y dar a conocer los conflictos de intereses.
- Mantenerse informados para conservar su competencia, esforzarse en hacer avanzar los conocimientos útiles a su profesión y proporcionar oportunidades para el desarrollo profesional de sus subordinados y colegas.
- Tener un comportamiento justo y bien intencionado con los clientes, compañeros y otros, reconocer el mérito donde sea preciso, y aceptar las críticas profesionales justas y honestas, o hacerlas.

- Ser conscientes de las consecuencias de su elección de tecnologías y de sus actividades o proyectos sobre la sociedad y el medio ambiente biofísico y socio-económico, hacer que sus clientes y patrones sean igualmente conscientes, y esforzarse en presentar de forma objetiva y veraz los temas técnicos al público.

- Explicar claramente a sus patrones y clientes las posibles consecuencias de todo rechazo o inobservancia de las decisiones u opiniones técnicas.
- Comunicar a sus asociaciones y/o a las organizaciones competentes cualquier decisión o práctica ilegal de la ingeniería o contraria a la ética por parte de los ingenieros u otros.

### III. ÉTICA MEDIOAMBIENTAL PARA EL INGENIERO.

Los ingenieros, en el desarrollo de cualquier actividad profesional, se deben comprometer a:

- Poner toda la capacidad, coraje, entusiasmo y dedicación para obtener resultados técnicos superiores, contribuyendo a promover y obtener un entorno más sano y agradable para todos los hombres, ya sea en espacios abiertos como en el interior de los edificios.
  - Esforzarse para alcanzar los objetivos beneficiosos de su trabajo con el menor consumo posible de materias primas y energía y con la menor producción de residuos y cualquier clase de contaminantes.
  - Discutir en particular las consecuencias de sus propuestas y acciones, directas o indirectas, inmediatas o a largo plazo, sobre la salud humana, la equidad social y el sistema local de valores.
  - Estudiar cuidadosamente el ambiente que será afectado, evaluar los impactos o daños que puedan sobrevenir en la estructura, dinámica y estética de los ecosistemas involucrados, urbanizados o naturales, incluido el entorno socioeconómico, y seleccionar la mejor alternativa para contribuir a un desarrollo ambientalmente sano y sostenible.
  - Promover un claro entendimiento de las acciones requeridas para restaurar y, si es posible, mejorar el ambiente que pueda ser perturbado, e incluirlo en sus propuestas.
  - Rechazar toda clase de encomiendas de trabajos que impliquen daños injustos para el entorno humano y la naturaleza, y gestionar la mejor solución técnica, social y políticamente posible.
- Tener en claro que los principios de interdependencia, diversidad, mantenimiento, recuperación de recursos y armonía interrelacional de

los ecosistemas forman las bases de la continuidad de nuestra existencia, y que cada una de esas bases posee un umbral de sustentabilidad que no debe ser transgredido.

#### **IV. CONCLUSIÓN.**

Recordar siempre que la guerra, la avaricia, la miseria y la ignorancia junto con los desastres naturales y la contaminación y destrucción de los recursos inducidos por la actividad humana, son las principales causas del deterioro progresivo del entorno y que los ingenieros, como miembros activos de la sociedad, profundamente involucrados en la promoción del desarrollo, deben usar su talento, conocimiento e imaginación para ayudar a la sociedad a eliminar los mencionados males y mejorar la calidad de vida para toda la gente.

#### **INTERPRETACIÓN DEL CÓDIGO ÉTICO.**

Los artículos interpretativos que siguen a continuación desarrollan y discuten algunos de los aspectos más difíciles e interrelacionados del Código, especialmente referidos a la práctica profesional. No se pretende extender el comentario a todas las cláusulas del Código, ni estudiar cláusula por cláusula. El objetivo de este planteamiento es ampliar la interpretación, más que reducir su enfoque. La ética de la ingeniería profesional es un conjunto integrado, que no puede reducirse a reglas fijas. Por ello los temas y cuestiones que surgen del Código se discuten en un marco general, mientras que del conjunto del Código se destaca la interrelación de las partes y la intención general del documento.

##### **Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.**

Los ingenieros deben esforzarse en mejorar la calidad del medio bio-físico y socio-económico, urbano y de los espacios naturales, para promover los principios del desarrollo sostenible.

Los ingenieros tienen que buscar oportunidades para trabajar en el refuerzo de la seguridad, salud y bienestar social tanto de la comunidad local como de la mundial mediante la práctica del desarrollo sostenible.

Los ingenieros, cuyas recomendaciones sean rechazadas o ignoradas en asuntos de seguridad, salud, bienestar o desarrollo sostenible, deben informar a sus contratantes o patrones de las posibles consecuencias.

##### **Protección del Pùblico y del Medio Ambiente.**

Los ingenieros profesionales deben conceder la máxima importancia a la seguridad, salud y bienestar de las personas y a la protección

del medio ambiente. Esta obligación con relación a la seguridad, salud y bienestar de las personas en general, que incluye su propio entorno de trabajo, depende normalmente de juicios ingenieriles, evaluaciones de riesgo, decisiones y prácticas incorporadas en estructuras, máquinas, productos, procesos y dispositivos. Por ello se establece la obligación de controlar que su trabajo se ajuste a las prácticas usuales, a las normas técnicas aceptadas y a los códigos aplicables y que dicho trabajo sea considerado como seguro por las decisiones de sus iguales. Esta responsabilidad se extiende al conjunto de situaciones con que se enfrenta un ingeniero, e incluye la obligación de informar a la autoridad correspondiente si hubiere razón para creer que alguna actividad ingenieril, o sus productos, procesos, etc. no cumplieran las condiciones antes mencionadas.

El significado de máxima en este principio básico implica que todas las otras exigencias del código quedarían subordinadas, en el supuesto de que resulten afectados la protección de la seguridad de las personas, el medio ambiente y otros intereses públicos esenciales.

#### **Agentes Fieles de Clientes y Patrones**

Los ingenieros deben actuar como agentes o representantes fieles de sus clientes y patrones, con objetividad, honestidad y justicia para todas las partes implicadas. En lo concerniente a las informaciones confidenciales, se aplica el concepto de propiedad de la información y de protección de los derechos de las partes. Los ingenieros no deben revelar los hechos, datos o informaciones obtenidos a título profesional sin el previo consentimiento del propietario. La única excepción al hecho de respetar la confidencialidad y de mantener una posición de confianza se da en casos en los que estén en peligro el interés público o el medio ambiente (ver sección anterior). Pero incluso en estas circunstancias , el ingeniero debe esforzarse en reconducir convenientemente la situación por parte del cliente y/o patrón y, salvo alguna razón imperiosa en sentido contrario, debe hacer todo intento razonable para contactarlos y explicarles claramente los riesgos potenciales antes de informar a la autoridad competente.

Los ingenieros profesionales tienen que evitar situaciones de conflicto de intereses con sus patrones y clientes pero, caso de producirse, es responsabilidad del ingeniero revelar completamente, sin retrasos, la naturaleza de los mismos a la parte o partes concernientes.

En las circunstancias donde la revelación total resulte insuficiente, o parezca serlo, para la protección de los intereses de todas las partes, así como del público, el ingeniero deberá retirarse totalmente del respectivo asunto o bien usar medios extraordinarios, implicando a partes independientes si fuera preciso, para controlar la situación. Por ejemplo, es inapropiado actuar simultáneamente como agente del prestatario y del receptor del servicio profesional. Si los intereses del cliente y del patrón estuvieran encontrados, tiene que intentar tratar a ambas partes de forma equitativa. En el supuesto de que el conflicto de intereses surja entre el propósito del patrón y una norma

reglamentaria, debe intentar conciliar esta divergencia. Si esto no fuera posible se podría ver obligado a informar.

Ser un agente fiel comporta la obligación de incorporar o sugerir que se incorporen expertos o especialistas, siempre y cuando estos servicios se consideren en interés del cliente o del patrón. Esto implica igualmente ser preciso, objetivo y honesto cuando sea necesario hacer declaraciones públicas en nombre del cliente o del patrón, respetando siempre los derechos de confidencialidad y propiedad de información del cliente y del patrón.

Ser un agente fiel exige no usar información específica privilegiada o privada, y las prácticas del oficio o la información de procesos de patrones o clientes anteriores sin el conocimiento y autorización de los mismos. Sin embargo, los conocimientos técnicos generales, la experiencia y la habilidad adquirida por el ingeniero a lo largo de su implicación en los trabajos anteriores pueden ser usados libremente sin el consentimiento o compromisos ulteriores.

### **Competencias y Conocimientos**

Los ingenieros profesionales sólo deben ofrecer sus servicios y sus consejos o encargarse de actividades de ingeniería exclusivamente en los campos de su competencia, formación y experiencia. Esto requiere una atención y una comunicación precisa sobre la aceptación o interpretación de las tareas y sobre la definición de los resultados previstos. Ello implica igualmente la responsabilidad de obtener los servicios de un experto, si fuera preciso, en un campo insuficientemente conocido, informando completamente a todas las partes involucradas de las circunstancias y, cuando ello corresponda, de la naturaleza experimental de la actividad. Así este requerimiento supone más que una simple obligación de asegurar un cierto nivel de atención, implica un comportamiento honesto e íntegro hacia el cliente o patrón y hacia el mismo ingeniero involucrado.

Los ingenieros profesionales tienen la responsabilidad de mantenerse al corriente de los desarrollos y conocimientos en sus campos de especialización, es decir, deben asegurar su propia competencia. En caso de cambio, bien por razón técnica o personal, de su área de actividad es deber de los ingenieros alcanzar y mantener una competencia en todas las circunstancias técnicas y normas reglamentarias que afectan a su nuevo trabajo. En efecto, esto requiere un compromiso personal para el desarrollo profesional, para la formación continua y para su autoevaluación.

Además de asegurar su propia competencia, los ingenieros profesionales tienen la obligación de contribuir al desarrollo del ámbito de conocimientos en el campo en el que ellos ejercen así como en la profesión en general. Más aún, dentro del marco de la práctica de su profesión, se supone que facilitarán a sus colegas ocasiones para su desarrollo profesional.

Esta exigencia de competencia del Código se extiende a la obligación hacia el público, la profesión y los iguales, de expresar las cuestiones técnicas con honestidad y sólo en áreas de su competencia. Esto se aplica igualmente a

los informes y asesoramientos sobre asuntos profesionales, así como a las declaraciones públicas, lo que requiere honestidad consigo para presentar los temas con imparcialidad y precisión con las apropiadas reservas y precauciones, evitando prejuicios personales, políticos u otros. Esta última exigencia es particularmente importante en las declaraciones públicas o cuando se participa en un foro técnico.

### **Imparcialidad e Integridad en el Lugar de Trabajo**

La honestidad, integridad, competencia permanentemente actualizada, devoción al trabajo y afán por mejorar la calidad de vida de la sociedad son las piedras angulares de la responsabilidad profesional. En este marco, los ingenieros deben ser objetivos y sinceros e incluir toda información conocida y pertinente en sus informes profesionales, declaraciones y testimonios. Deben representar fiel y objetivamente a sus clientes, patrones, asociados y a sí mismos de acuerdo con su formación, experiencia y capacidades. Este principio es más que una simple prohibición de confundir los hechos: implica igualmente la revelación de toda la información importante y de los asuntos relevantes, especialmente cuando se actúa como asesor o como testigo experto. De la misma forma se espera imparcialidad, honestidad y precisión en la publicidad.

Cuando se le encarga a un ingeniero verificar el trabajo de otro ingeniero, hay obligación de informar (o hacer todo el esfuerzo para informar) al otro ingeniero, tanto si éste aún está activo o no. En esta situación y en cualquier circunstancia los ingenieros deben conceder el debido reconocimiento, siempre y cuando éste sea merecido y aceptado, pero también tienen que ejercer una crítica honesta y limpia sobre temas profesionales, manteniendo la dignidad y el respeto de todos los implicados.

Los ingenieros no deben ni aceptar ni ofrecer pagos encubiertos u otras retribuciones para conseguir encargos o asegurar remuneraciones. Tienen que evitar que su implicación personal o política influya o comprometa su actuación profesional o su responsabilidad.

De acuerdo con este Código y después de haber intentado remediar una situación en el seno de su organización, los ingenieros están obligados a informar a su asociación o a otras organizaciones apropiadas cualquier decisión ilegal o no ética tomada por ingenieros u otros. Hay que prestar atención para no aceptar arreglos legales que comprometan esta obligación.

### **Responsabilidad Profesional y Liderazgo**

Los ingenieros tienen la obligación de ejercer su profesión con cuidado y diligencia, aceptar responsabilidad y responder por sus actos. Este deber no se limita a la concepción o a su supervisión y su gestión, sino que se aplica a todas las áreas profesionales. Comprende, por ejemplo, el control y gestión de la construcción, la preparación de los planes de ejecución, los informes técnicos, los estudios de viabilidad y de impacto medioambiental, los trabajos de desarrollo técnico, etc.

La firma y el sellado de un documento técnico implica la aceptación de la responsabilidad de este trabajo. Esto se aplica a todo trabajo técnico, cualquiera que sea el lugar de su ejecución o el beneficiario. Comprende, entre otros, a empresas públicas, privadas y organismos gubernamentales o departamentos ministeriales. No hay excepciones; firmar y sellar documentos está indicado siempre que se hayan aplicado principios de la ingeniería y pueda estar en riesgo el bienestar público.

Asumir la responsabilidad de una actividad técnica comporta la de su propio trabajo y, en el caso de un ingeniero jefe, la aceptación de la responsabilidad del trabajo en equipo. Esto último implica un control responsable cuando el ingeniero está realmente en posición de revisar, modificar y dirigir el conjunto del trabajo técnico. Este concepto requiere poner límites razonables al campo de las actividades, y al número de ingenieros y otros cuyo trabajo pueda ser supervisado por el ingeniero responsable. La práctica o el control es "simbólico" cuando un ingeniero, por ejemplo con el título de "ingeniero jefe", toma plena responsabilidad para todos los servicios técnicos de una gran sociedad, de un servicio público, de un organismo gubernamental o de un departamento ministerial, pero desconoce una gran parte de las actividades técnicas o decisiones diarias tomadas en el seno de la empresa o del departamento. Esto supone que es la propia empresa la que está tomando la responsabilidad de las fallas, con independencia de aplicar o no la supervisión y el control técnicos.

Los ingenieros tienen la obligación de advertir a su patrón, y si fuera necesario a sus clientes e incluso a su asociación profesional, en este orden, cuando el rechazo a una decisión técnica pueda entrañar el incumplimiento de sus deberes para salvaguardar al público. En primer lugar hay que discutir el problema con el supervisor o el patrón. Si éste no reacciona adecuadamente a la inquietud del ingeniero, el cliente debería ser informado en el caso de una consulta o habría que alertar al funcionario de más alto rango en el caso de una planta de fabricación o de un organismo gubernamental. Si se fracasara en reconducir esta situación, debe notificar de forma confidencial sus inquietudes a su asociación profesional.

En el mismo orden que el mencionado anteriormente, debe informar el ingeniero de las actividades de ingeniería no éticas realizadas por otros colegas o no ingenieros. Esto comprende, por ejemplo, situaciones en las cuales altos directivos de una empresa toman decisiones "políticas" que cambian de forma clara y sustancial los aspectos técnicos del trabajo, la protección del bienestar general o del medio ambiente.

A causa de los rápidos avances tecnológicos y del creciente impacto de las actividades técnicas sobre el medio ambiente, los ingenieros deben prestar la debida atención a los efectos que sus decisiones van a tener sobre el entorno y el bienestar de la sociedad, e informar de cualquier implicación de esta naturaleza, como se ha mencionado previamente. Además, con el rápido avance de la tecnología en el mundo actual y con el posible impacto social en las grandes masas de población, los ingenieros deben esforzarse más que

nunca en fomentar el entendimiento de las cuestiones técnicas y del rol de la ingeniería por parte del público".

---

El desarrollo sostenible consiste en responder a las necesidades humanas actuales de recursos naturales, productos industriales, energía, comida, transporte, vivienda y gestión efectiva de desperdicios y al mismo tiempo conservar y reforzar la calidad medioambiental de la Tierra, los recursos naturales y las bases socioeconómicas esenciales para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones. (La aplicación adecuada de estos principios ayudará de manera apreciable a la erradicación de la pobreza en el mundo).

- La palabra « patrones » se utiliza en este documento como equivalente de « jefes » o « empleadores ».
- El Modelo de Código Ético y su "Interpretación" fueron aprobados por unanimidad por la Asamblea General de la FMOI reunida en Moscú el 14-09-01.

<http://www.uadi.org.ar/>

## Actividades

1. Fernando Savater en el libro "Ética para Amador" define: Moral como el conjunto de comportamientos y normas que un individuo y la sociedad aceptan como válidos; Ética es la reflexión sobre por qué los consideramos válidos y la comparación con otras "morales" que tienen personas diferentes. En función de estas definiciones realice un pequeño párrafo vinculando los términos, moral, ética profesión del ingeniero y política
2. ¿Que es y en que se basa el modelo de código de ética del FMOI?
3. En relación al deber ser de: "Respetar la confiabilidad y dar a conocer los conflictos de interés", de un ejemplo de una situación en la que lo aplicaría.
4. ¿Cuál debe ser la actitud en la práctica de la profesión de ingeniero en relación a:
  - Conocimiento
  - Materias Primas
  - Energía
  - Producción de residuos

## MODELOS

Mgter. Inga. Gabriela Duran

El término modelo se emplea con múltiples sentidos, de estos usos ordinarios hay dos claramente opuestos, supongamos una persona que posa para una fotografía, decimos que esta persona es modelo del fotógrafo, es decir *la persona es el modelo de lo representado*. Por el contrario podemos expresar que la fotografía es un modelo, o sea una representación de un determinado aspecto de la persona, en este caso el *modelo es una representación* de la realidad. Este último es el sentido que se aplica al término modelo en la ciencia y la tecnología. Existen modelos de objetos naturales como el de una molécula, de artefactos existentes, como el esquema de un circuito eléctrico o que pueden existir como los planos de un edificio, modelos de conceptos como puede ser el gráfico de una función o de teorías científicas.

O sea un modelo es una representación de un ente, entendiendo "ente" como lo que es, existe o puede existir.

Supongamos el plano de una casa, que es un modelo, la casa puede existir, puede no existir y estar por construirse o puede que nunca exista como el plano de una casa utilizado para fines didácticos.

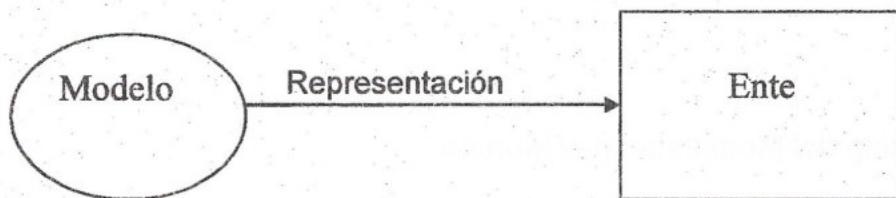


Fig. N° 1

Se exponen a continuación algunas ideas de "Modelo" dadas por algunos investigadores:

"La Palabra Modelo se usa siempre en el sentido de imagen o representación – generalmente incompleta y simplificada de un sistema, clase, material o abstracto. Al ente representado lo llamaremos siempre "sistema". Todo sistema tiene componentes con ciertas características o atributos y vinculadas por ciertas relaciones o conexiones, que son al menos las categorías que más usamos al analizarlo. [...] Las características parciales o globales del sistema pueden variar a lo largo del tiempo: Los sistemas más interesantes son dinámicos".

"Los historiadores hacen modelos de civilizaciones, países, épocas. La anatomía, fisiología y sicología, mas el examen clínico dan al medico un modelo de su paciente". (6)

"El modelo es un objeto que representa a otro. Para un observador  $O$  un objeto  $M$  es un modelo de un Objeto  $S$  (un sistema), si  $O$  se puede servir de  $M$  para responder a cuestiones que le importan en relación con  $S$ . Es decir un modelo  $M$  es un instrumento que ayuda a  $O$  a responder preguntas acerca de un aspecto de la realidad al que convenimos en considerar un sistema concreto  $S$ ." (3)

Frecuentemente se llama modelo a las teorías científicas, es más correcto decir que las teorías suponen modelos y que estos modelos representan algunos aspectos de las teorías. Una teoría tomada en su totalidad, refiere a un sistema- o más bien a una clase de sistemas-, y el modelo supuesto por la teoría representa algunos aspectos de ese sistema como se ilustra en la figura N° 2.

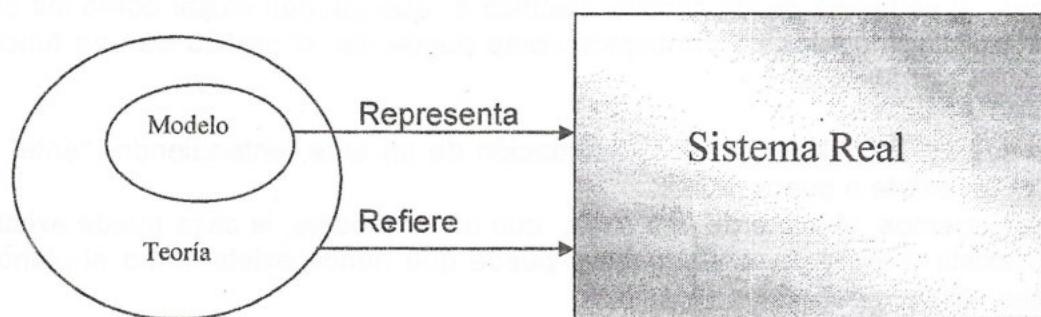


Fig. N° 2

### Influencia del Modelista en el Modelo

Un niño tiene un modelo de cómo funciona un auto muy diferente al modelo del técnico que lo construye o al de un Físico, vemos con esto que no es posible olvidar al modelista al hablar de modelos.

El modelista no tiene porque ser un ser aislado; puede ser un equipo de personas que aportan varias experiencias individuales, además de la experiencia social común a todos. Pero recordemos que un sistema puede tener diferentes modelos, incluso la experiencia puede hacer cambiar de modelo a un mismo modelista, el niño puede convertirse en técnico.

La presencia del Modelista es básica, ya que toda descripción o representación (y en consecuencia, todo modelo) lleva asociada un modelista. El modelo lo es para él, y para aquellos con los que comparte un lenguaje con el que, describir una determinada forma de ver, un cierto aspecto de su entorno.

El modelo no es, al menos no tiene por que serlo, una copia (de aquel aspecto) que tenga un valor descriptivo independiente de cómo se realiza, sino que esta asociada a una interpretación de la realidad construida con los útiles aportados por un lenguaje de modelado.

Con un modelo se pretende describir o representar un cierto fenómeno, objeto u proceso. Por tanto, recogerá solo aquellos aspectos que en opinión de su constructor, su buen saber y entender resulten relevantes con relación al ente a representar y para el fin que utilice el modelo. Es decir los modelos que se construyen de un automóvil podrán variar en función del modelista y de los fines para el cual lo piensa utilizar.

Presupone, por tanto, la construcción de modelos, la adopción de un criterio de relevancia con respecto a aquello que se va a incluir en el modelo. Resulta importante destacar que no existen descripciones neutrales.

### Modelos Mentales y Explícitos

Podemos distinguir dos niveles de modelos: mentales y explícitos. Los modelos explícitos se pueden clasificar en función del Lenguaje principal que utilizan: **Físicos**, o **Simbólicos**, estos últimos a su vez pueden ser verbales, matemáticos, gráficos o esquemáticos.

1. Modelo Mental: Contiene lo que se sabe y se piensa del ente representado a partir del momento en que lo individualizamos y aprendemos a reconocerlo. Esta formado por descripciones –componentes y características que hemos aprendido a diferenciar de él- y una explicación o teoría de su funcionamiento- relaciones causales (siempre hipotéticas) entre sus componentes- que nos permite creer que podemos predecir en algún grado su comportamiento. Este tipo de modelo o imagen mental va corrigiéndose por ensayo y error, por experiencia propia o comunicada, irracional o científica. Esta en constante cambio en muchas de sus partes, otras, al contrario, adquieren una rigidez casi total con el tiempo: prejuicios o dogmas. Los criterios con que se construyen estos modelos son: Importancia, conveniencia, experiencia y razonamiento lógico; el orden depende de la persona y el problema.
2. Modelos Explícitos: Son representaciones de los modelos mentales, que los hacen comunicables, estables y mejor definidos. La relación entre un modelo mental y su modelo explícito gira alrededor del concepto de "Fidelidad", que no abordaremos. Por una parte el modelo explícito difícilmente podrá ser muy fiel al mental, puesto que este incluye todos los factores imaginables, con distintos pesos, y explicitarlo requeriría un tiempo enorme durante el cual el modelo mental puede haber sufrido muchos cambios. Es necesario seccionarlo en alguna parte, y así los modelos explícitos son siempre simplificaciones: el modelo mental es más rico, y por lo tanto mejor adaptado a "métodos" de tipo intuitivo. Pero desde otro tipo de vista, la fidelidad total no es conveniente, pues supondría aceptar todos los defectos – inconsistencias, lagunas, borrosidades- del modelo mental. El modelo explícito influye sobre el mental a medida que se va construyendo y pone en evidencia esos defectos. La explicitación tiene además el efecto de favorecer los criterios objetivos tales como el razonamiento lógico y la experiencia, contra los subjetivos como la importancia y la conveniencia. Hay varias técnicas o lenguajes para explicitar modelos y como lenguaje interesa compararlos en cuanto a ser cómodo, flexible, ricos y adaptable a las manipulaciones que más nos

interesan, en primer lugar, deducción, predicción y construcciones lógicas que nos den las respuestas que buscamos.

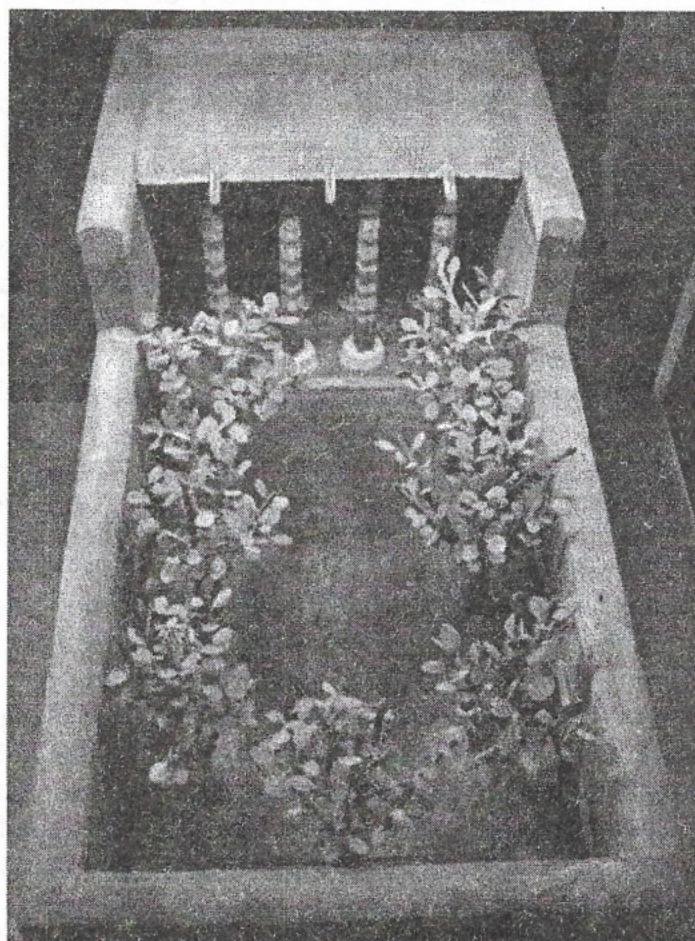
2.1. *Modelos físicos:* Son representaciones, por medio de objetos o materiales sean artificial o natural que representan aspectos físicos. Todo experimento de laboratorio se hace con un modelo físico. Un cobayo puede servir de modelo de un hombre, para ciertos propósitos. Los modelos en escala, reducida o aumentada, son conocidos por todos.

Tiene el defecto de introducir aspectos ajenos, debido a los materiales empleados o a la escala. Y si bien no hay peligro de confundir el gusto de las uvas con el de la pintura que la representa en una naturaleza muerta, en muchos casos no es fácil separar los efectos que causa el propio modelo.

Estos modelos tienen una gran utilidad en las ciencias naturales, en el área de la Tecnología y como instrumentos educativos.

Fig. N° 1 Modelo físico, maqueta de vivienda egipcia diseñada en el siglo XXI a. C. Metropolitan Museum NY.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Maqueta\\_arquitect%C3%B3nica](http://es.wikipedia.org/wiki/Maqueta_arquitect%C3%B3nica)



## 2.2. Modelos Simbólicos.

Estos modelos se pueden clasificar en verbales, matemáticos, esquemáticos y gráficos.

**2.2.1. Modelos Verbales:** Consiste en la descripción del modelo mental en el lenguaje ordinario. Adoptado para modelar, el lenguaje ordinario tiene "rutinas" que hacen que estos modelos parezcan sencillos. En algunos casos comenzaron a verse deficientes e insuficientes; no suelen servir para manejar muchos factores al mismo tiempo ni para reiterar un razonamiento sencillo muchas veces, no es eficiente para razonar en el ámbito general y abstracto. La matemática y las ciencias naturales fueron las primeras en buscar nuevos lenguajes para explicitar sus modelos. Las ciencias sociales están empezando a hacerlo, y sus primeros intentos fueron —era inevitable— copiar los que esas disciplinas habían ensayado con éxito. A título de ejemplo un modelo verbal de Fuerza es: "Vigor, robustez y capacidad para mover una cosa que tenga peso o haga resistencia, como para levantar una piedra, tirar una barra, etc." Este modelo verbal extraído del Diccionario de la Lengua Española de la real academia Española (decimonovena edición), demuestra la deficiencia y la insuficiencia que genera muchas veces el lenguaje ordinario en las ciencias naturales.

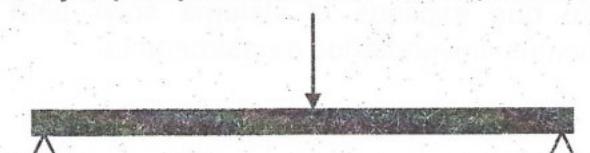
**2.2.2 Modelos formales o matemáticos:** Son los que usan como lenguaje a la matemática. Es un lenguaje creado especialmente para facilitar los razonamientos lógico-deductivos y tienen un gran éxito en eliminar los defectos principales de los modelos, mentales, explícitos verbales, físicos y esquemáticos.

A través de la historia de la Ciencia podemos señalar las siguientes afirmaciones:

- Los modelos matemáticos son los únicos que pueden ser fieles sin dejar de ser manejables, cuando el número de factores identificados en el ente a representar es alto y son heterogéneos. Es tan absurdo usar un modelo verbal o físico para describir las interconexiones de 1000 variables heterogéneas como explicar la Biblia con esquemas.
- Los Modelos Matemáticos poseen un alcance deductivo superior a los otros. Para comprender esto, basta proponerse la tarea de deducir los movimientos planetarios a partir de las leyes de Newton sin usar ecuaciones diferenciales.

*"Las matemáticas son un poderoso medio de representación; un medio extremadamente útil de razonamiento, un lenguaje conciso de comunicación y un eficaz medio de predicción"* E.W. Krick.

**2.3. Modelos esquemáticos:** Utilizan configuraciones de líneas y figuras para representar. Como ejemplo, podemos citar el esquema de una viga con una carga.



**2.4. Modelo Gráficos:** Son modelos que relacionan datos en forma gráfica. Existen muchos tipos de modelos gráficos. Como ejemplo se ilustra un grafico de barras que representa las % de preferencias de profesionales del área de la Ingeniería con respecto a distintos software para el cálculo de los beneficios de sus empresas. (Figura N° 3).

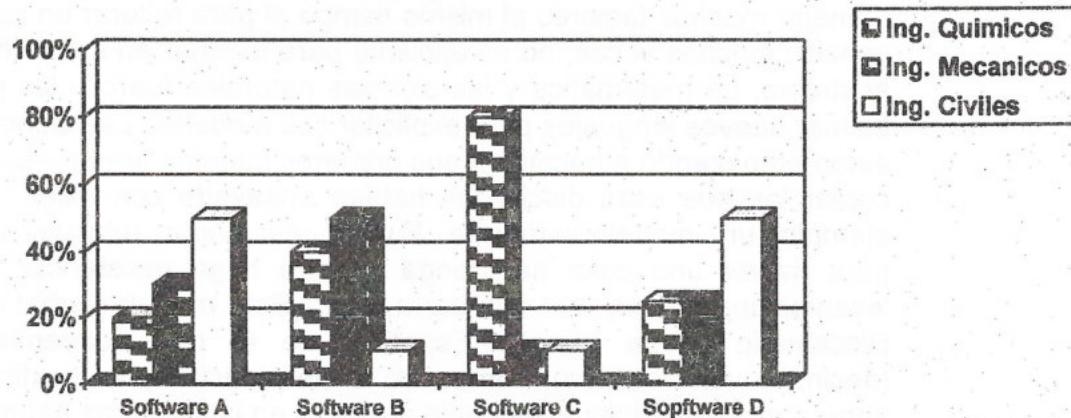


Fig. N° 3

### Aspecto del Proceso de Modelado

En todo proceso de modelado podemos distinguir cuatro aspectos que lo caracterizan:

- Una problemática concreta en relación con el ente a representar. Este problema es el que ha determinado la decisión de construir el modelo. Por ejemplo la problemática puede ser la necesidad de transmitir a un grupo de profesionales la idea de una nueva maquina para fabricar ó un modelo numérico para prever el tipo y magnitud de cargas que pueden producir el colapso de una estructura.
- La experiencia previa con relación al ente a Modelar. Se trata de la información ó el grado de conocimiento de que se dispone.
- Un medio de expresión que podemos denominar lenguaje de modelado, que suministra los patrones básicos a partir de los cuales se construye el modelo. Combinando estos patrones, se tiene un repertorio de posibilidades de representación entre las que hay que buscar aquella que mejor se ajuste a la problemática y al ente objeto de modelado.
- ¿ A quien esta dirigido el modelo?, es decir no es lo mismo construir un modelo que explique el sistema solar para niños de la primera que para estudiantes universitarios de astronomía.

## SIMULACIÓN

Un simulador de un determinado sistema es un objeto que representa a este en algún respecto, tal como la forma o la función y permite la indagación.

En el campo de la tecnología, un modelo de una aeronave que se somete a la acción de una corriente de aire, en un túnel de viento, a fin de predecir como se comportara la aeronave en un vuelo real. A este proceso se lo denomina simulación. Podemos decir entonces que la simulación es la utilización de un modelo, que intenta representar las variables principales de un sistema, con objeto de analizar su comportamiento. De esta forma se pueden abordar problemas excesivamente complejos, peligrosos o costosos.

Circuitos eléctricos especiales pueden representar las arterias de una ciudad, mientras que impulsos o pulsos eléctrico representan los vehículos, con este modelo se pueden simular diferentes sistemas de control de transito. También se construyen modelos matemáticos que permiten simular el efecto de acciones sobre construcciones civiles, mecánicas o aeronáuticas producidas por el viento, la nieve y/o el sismo con el fin de optimizar la forma ó el material.

En muchas simulaciones el ser humano puede participar tomando decisiones y comunicándola al simulador, el cual devuelve los resultados de esas decisiones por medio de imágenes o señales visuales, indicadores, etc. Sobre la base de estos resultados la persona hace nuevas decisiones y este ciclo de eventos se repite una y otra vez, este tipo de simulación es de gran aplicación para el aprendizaje.

Un simulador controlado por computadora creado para la instrucción de médicos anestesistas puede representar a un ser humano "respirar, toser y vomitar", tener "latidos de corazón y poder morir". Con estos y con algunos otros aspectos, representa las variables relevantes del ser humano para este propósito. Los estudiantes pueden aplicar inyecciones, administrar oxígeno, medir el pulso, evaluar la dilatación de las pupilas, y efectuar en el simulador la mayor parte de otras funciones rutinarias de urgencia de un anestesista. Es posible programar el simulador para evaluar el desempeño del alumno con distintas condiciones, detener temporalmente el proceso para discutir con el estudiante y hacer que se repita la lección si no ha sido satisfactoria.

Este simulador ha sido muy bien recibido, en especial porque acorta notablemente el periodo de instrucción de un anestesista, y permite que los instructores ejerzan un control mucho mas estrecho del proceso de aprendizaje.

Las computadoras han permitido simular todo tipo de situaciones, que tienen sus aplicaciones tanto en ciencia como en tecnología.

La simulación computacional es un proceso que permite describir un ente y predecir sus estados futuros mediante el desarrollo y estudio de modelos utilizando computadoras.

Ejemplo:

Un aeropuerto de avionetas privadas dispone actualmente de una única pista para los aterrizajes y despegues. Se desea analizar la posibilidad de construir una segunda pista para rebajar los tiempos de espera. Cada avioneta tarda 15 minutos en realizar la maniobra completa de aterrizaje o despegue desde el momento de su autorización por la torre de control. Se han calculado las probabilidades de movimiento de avionetas según determinadas horas del día tal como se muestran en la tabla N° 1. En función de los registros de los últimos tres años, en el día utilizan la pista un promedio de 16 avionetas en las cuatro horas de demanda de la

pista. El aeropuerto debe dar servicio a cualquier avioneta que haya notificado su aviso antes de la hora de cierre. Simular estas situaciones y averiguar cual es el tiempo de espera de cada avioneta.

Tabla N° 1.

Demanda en minutos	Probabilidad *
00-59	0,2
60-119	0,4
120-179	0,3
180-239	0,1

\*Probabilidad: Un suceso  $E$  tiene  $h$  posibilidades de ocurrir entre un total de  $n$  posibilidades, cada una de las cuales tiene la misma oportunidad de ocurrir que las demás. Entonces la probabilidad de que ocurra  $E$  se denota  $p = h/n$ .

Asignamos un conjunto de números aleatorios asociados a cada intervalo, como se muestra en la tabla N° 2

Demanda en minutos	Probabilidad *	Número aleatorio
00-59	0,2	00-19
60-119	0,4	20-59
120-179	0,3	60-89
180-239	0,1	90-99

Tabla N° 2.

Se simula un día de uso de la pista, para esto se generan 16 números aleatorios comprendidos entre el 00 y el 99 que representan las avionetas, usamos para esto la computadora. En distintos lenguajes se encuentran funciones de números aleatorios.

Si por ejemplo se obtiene el número 11, corresponde a una avioneta que solicita pista entre 00-59. Para elegir en qué minuto realiza su solicitud, generamos otro número aleatorio dentro del intervalo correspondiente.

Se repite el proceso anterior 16 veces para simular las 16 avionetas. A continuación, se ordenan los números obtenidos y se construye una tabla indicando además el minuto en que se pide la pista, comienzo y fin de la maniobra y el tiempo de espera para comenzar la maniobra; estos valores se muestran en la tabla N° 3 .

Día N° 1						
Avioneta N°	Número Aleatorio generado para determinar el intervalo de demanda	Intervalo de Demanda (minutos)	P= Petición de pista (minutos)	I= Comienzo de maniobra (minutos)	F= Final de maniobra F= I+15' (minutos)	E= Tiempo de espera E=I-P (minutos)
1	11	00-59	39	39	54	0
2	12	00-59	44	54	69	10
3	2	00-59	50	69	84	19
4	16	00-59	57	84	99	27

5	30	60-119	80	99	114	19
6	22	60-119	84	114	129	30
7	26	60-119	88	129	144	41
8	38	60-119	93	144	159	51
9	39	60-119	93	159	174	66
10	63	120-179	124	174	189	50
11	75	120-179	151	189	204	38
12	73	120-179	156	204	219	48
13	81	120-179	162	219	234	57
14	88	120-179	168	234	249	66
15	91	180-239	199	249	264	50
16	92	180-239	236	264	279	28
Sumatoria =						600
Tiempo medio de espera ( minutos ) = $600/16 =$						37,5

Tabla N° 3

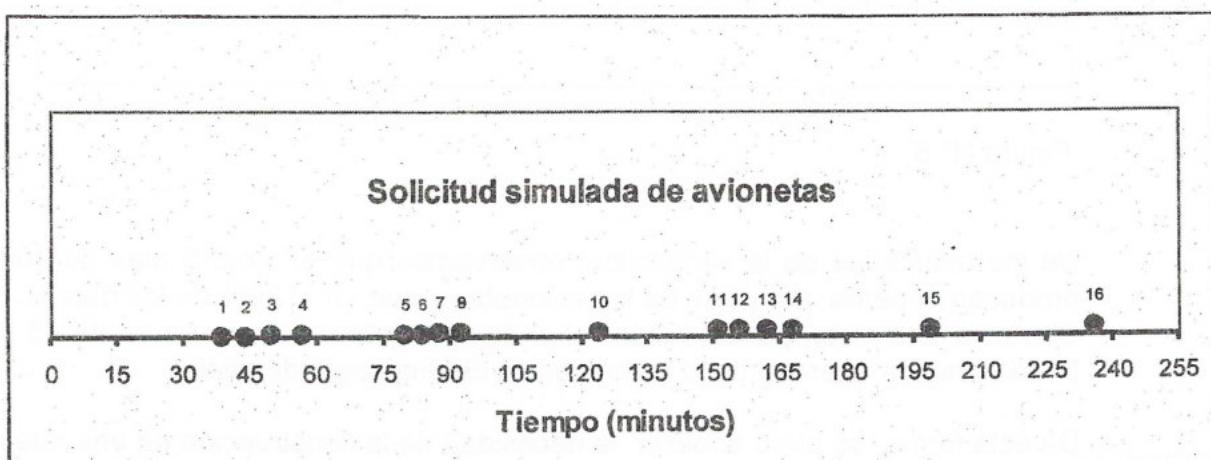


Figura N° 4

De la simulación se desprende que en el día N° 1 el tiempo promedio de espera es de 37,5 minutos. Se repite lo señalado anteriormente, simulando 300 días de uso de la pista, los resultados se ilustran en el grafico N° 4.

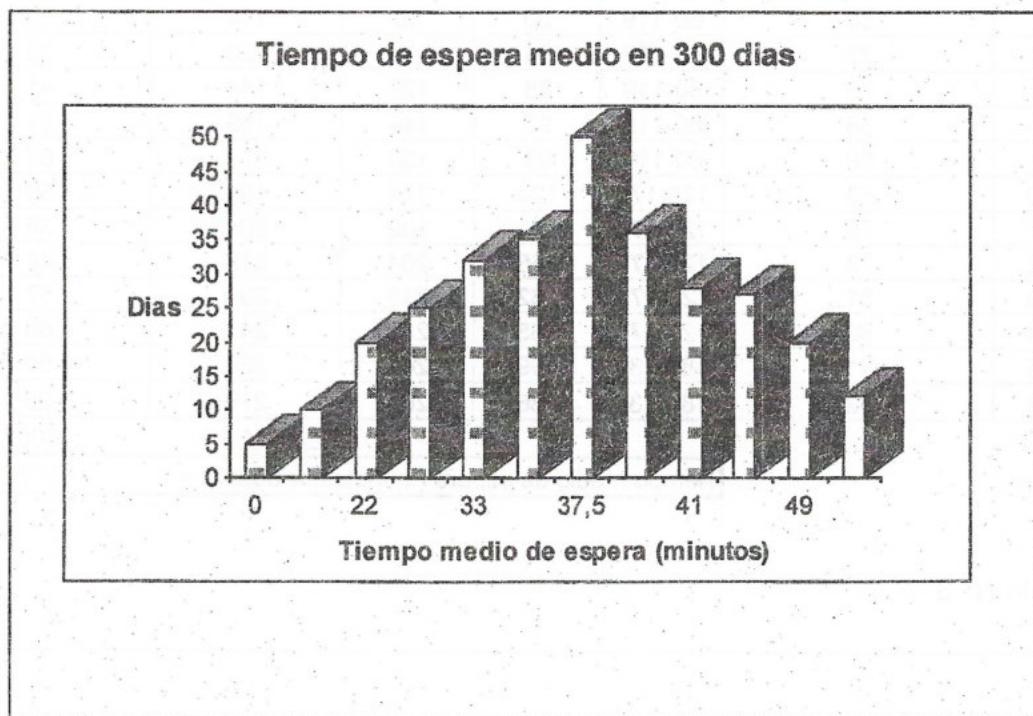


Figura N° 5

De los resultados de la simulación, observamos que en solo 5 días de 300, no se producen esperas por parte de las avionetas y que en el 89% de los días sí. Con solo una pista, por tal razón si el tiempo óptimo de espera es de 15 minutos, podría resultar interesante la construcción de una segunda pista.

De esta forma se pudo analizar la necesidad de la construcción de una nueva pista, con algunos días de trabajo fue posible simular 300 días, con lo que se ilustra la capacidad de la simulación para “comprimir el tiempo”.

#### Principales ventajas e inconvenientes de la simulación

- Se puede aplicar a sistemas complejos o en los que no es fácil modelar matemática.
- Existen sistemas peligrosos y/o costosos con los que no se puede experimentar en la realidad.
- Permite analizar procesos que en la práctica se desarrollan de forma muy lenta o muy rápida.
- El estudio de la conducta del simulador puede ayudar a comprender lo que simula.
- La validez de los resultados de la simulación depende de que se haya realizado una adecuada selección de los aspectos (formas o funciones) del ente que simula.

## Uso de los Modelos

Conviene resaltar el carácter de instrumento del modelo. Es un medio para algo y no un fin en sí. Sirve, aquí y ahora, para ayudar a resolver un problema concreto, que ha motivado la construcción. Un modelo nunca puede agotar la realidad que representa, sino que solamente atiende a determinados aspectos suscitados por un problema concreto.

- Algunos modelos se utilizan para extraer conclusiones. En particular se pretende que sirvan como instrumentos de decisión y a veces de predicción cuantitativa ó cualitativa.
- Como instrumento de descripción y explicación tentativas en sistemas cuya principal dificultad radica en la falta de definiciones clara y unánime de las ideas.
- Conceptos como los de sociedad, cultura, inteligencia, tienen un significado tan rico y complejo que no se ha conseguido expresar de manera completa y satisfactoria para todos. Los modelos en este caso pueden utilizarse para intentar la reconstrucción de conceptos, que consiste en hacer modelos que imiten algunas de las características de los conceptos y los sistemas típicos en que aparecen, con sus problemas más visibles.
- Para el adiestramiento esencialmente los modelos que se utilizan para la simulación y en donde la inversión en la experimentación es muy alta o las probables consecuencias de equivocación son muy costosas. Como ejemplo podemos mencionar, la simulación en el entrenamiento de pilotos, controladores de tráfico, astronautas, etc.

## ANALOGÍAS

Una analogía es una habilidad que reconoce que una cosa es como otra.

Decimos que es una habilidad, porque siempre hay un acto creativo y original involucrado en la construcción de la analogía. Por ejemplo Rutherford desarrollo la analogía que el átomo es como el sistema solar (analogía actualmente desechada).

En ciencia y en tecnología una analogía establece relaciones entre un problema "alfa" y otro problema que denominaremos "beta", de modo que se dice que beta es como alfa, y esa relación se establece con un propósito determinado.

En las ultimas décadas las perspectivas epistemológicas coinciden que en una analogía decimos que algunos aspectos de beta se asemejan a algunos aspectos de alfa, pero solo algunos.

Las analogías requieren que se establezcan relaciones de correspondencia entre aspectos de alfa y de beta. **Surge la limitación de que por mas que se establezca una analogía entre aspectos del problema alfa y del**

beta, eso no nos autoriza a reclamar o suponer que otros aspectos de ambos problemas también deban ser necesariamente análogos.

En la figura N°4 sé muestra una síntesis de lo expuesto anteriormente, cabe aclarar que el término *mapeo* se utiliza para denominar el proceso de comparación de los aspectos de alfa y beta que se relacionan.

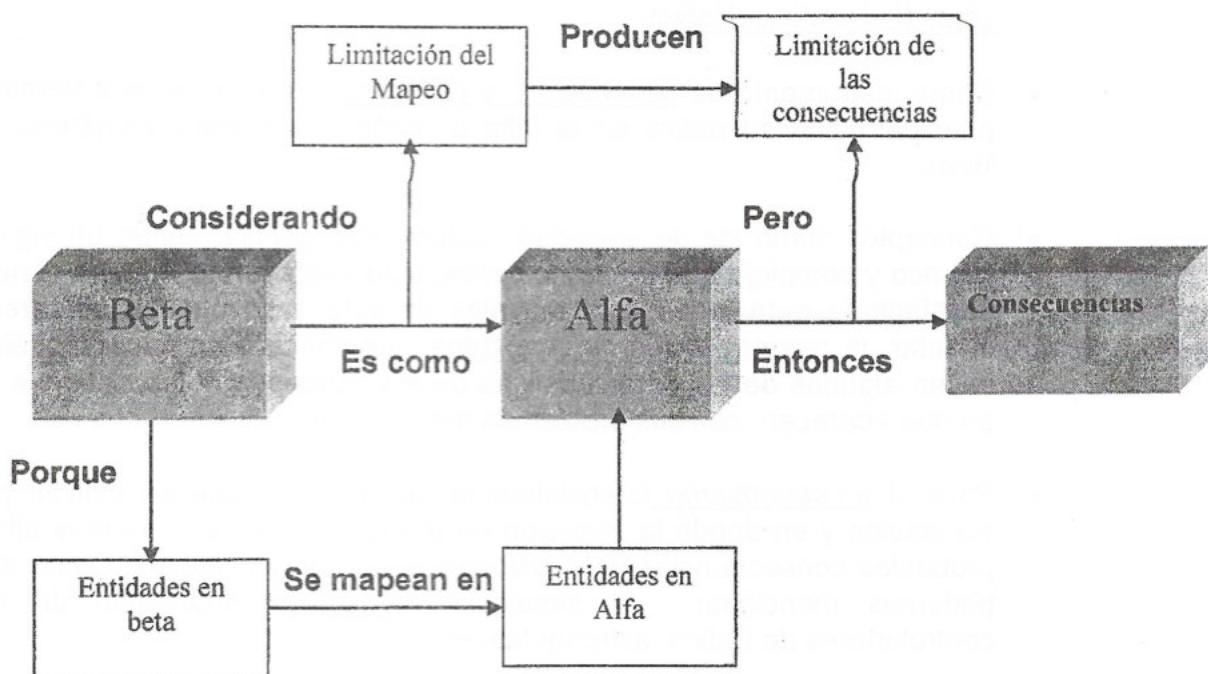


Fig. N° 4

#### Funciones de las analogías desde la perspectiva epistemológica.

- *Explicar*. Una explicación es aceptada cuando sus premisas están basadas en evidencias aceptadas por la comunidad científica o tecnológica o por parte de esta. En muchos casos las premisas usan ideas con las que la comunidad científica o tecnológica no está familiarizada, y eso dificulta la aceptación. Sin embargo, si fuera posible generar relaciones analógicas entre esas nuevas ideas y nociones ya establecidas empleadas en otros problemas, sé facilitaría la aceptación de una explicación.
- *Popularizar*. Se utilizan analogías como herramientas para ayudar a otros a comprender hechos científicos o tecnológicos que con su propia terminología el público no lo comprendería. Ejemplo: "La economía es como una estufa. Una estufa se recalienta cuando la temperatura está demasiado alta. Así que cuando la economía se acerca al pleno empleo, tenemos que enfriarla subiendo las tasas de interés".

- *Generalizar.* Si uno establece que varios problemas son análogos, podemos usar el proceso de inducción para extraer conclusiones a partir de esos casos análogos.

*Formulación de hipótesis.* Las analogías pueden servir también para hacerse preguntas que de otra manera no habrían surgido independientemente, ciertas analogías ayudan a formar ideas teóricas en otros campos. Huygens quien después de descubrir la analogía entre el comportamiento de la luz y el del sonido, llegó a la idea de la naturaleza ondulatoria de la luz. (Rosental, 1981).

- en Biología, para estudiar lo que es una infección se suele establecer la analogía con una guerra “una infección es como una guerra” ¿ Cuales son los soldados?.
- *Modelar.* En algunos casos una analogía provee un modelo tentativo, a la espera de que surja una mejor solución en el futuro.
- *Validar.* Puede validar conceptos en un campo beta utilizando una transferencia desde el campo alfa hacia una teoría beta incipiente. Como ejemplo utilizamos el citado por Godoy (2), Feyerabend, emplea analogías entre la forma en que los niños aprenden y la forma en que los científicos construyen conocimientos, aunque no se presente justificación formal para hacerlo.
- *Predecir.* Se usan analogías para realizar predicciones sobre el problema beta utilizando predicciones realizadas sobre el problema alfa.
- *Estructurar.* Esta Función permite dar una estructura al problema beta a base de la estructura del problema alfa. Del Re menciona la analogía entre moléculas en química y un sistema microscópico formado por esferas y resortes, ejemplo citado por Godoy (2).

#### Tipos de Analogías.

- *Analogías informales.* a) Alfa y beta tienen aspectos que se corresponden en la analogía. b) No se logra establecer que esos aspectos correspondientes tengan similitud entre ellos.  
Generalmente este tipo de analogías son expresiones de deseo, pero sin justificación; también se denominan analogías verbales o metáforas. Ejemplo: “La vida es sueño”
- *Analogías en sentido débil.* a) Alfa y beta tienen entidades que se corresponden en la analogía. b) Se establece que esas entidades correspondientes tienen similitud. c) Alfa y beta tienen además otras entidades que no entran en la analogía. Ejemplo se puede establecer una analogía entre el sistema planetario y el átomo estableciendo que los dos tienen un centro.

- *Analogías en sentido fuerte.* a) Alfa y beta tienen entidades que se corresponden en la analogía. b) ) Alfa y beta tienen relaciones que se corresponden en la analogía. c) Se establece que esas entidades y relaciones correspondientes tienen similitudes; d) Alfa y beta tienen otras entidades y relaciones que no entran en la analogía. Ejemplo la Fuerza eléctrica es como la fuerza gravitatoria, esta analogía es anacrónica.
- *Analogía completa.* a) Se verifican las condiciones para analogías en sentido fuerte, b) todas las entidades de beta se corresponden con entidades de alfa, c) las relaciones en beta son las mismas relaciones que hay en alfa.

## CONCLUSIÓN

Los modelos, simulaciones y analogía son instrumentos necesarios para la ciencia y la tecnología. Resulta relevante reconocer los límites y los alcances de los mismos para no cometer errores en su utilización y para poder obtener los máximos beneficios que nos pueden ofrecer

## Ejercicios

1. Elija un modelo en otro libro e identifique los aspectos en los cuales probablemente existan desviaciones significativas de la situación real.
2. Para un mismo ente, realice tres modelos distintos utilizando distintos lenguajes e indicando cuales son los aspectos que selecciono para la representación.
3. Desarrolle un modelo para predecir el tiempo que necesitaría usted para leer algunos textos de diversos tamaños y tipos. La mayor parte de las predicciones proporcionadas por tal modelo deberán estar dentro de mas o menos un veinte por ciento de su tiempo real de lectura. Explique porque el tiempo real difiere del predicho.
4. Cite alguna teoría científica y un modelo que represente algún aspecto de la misma.
5. Formule dos analogías identificando los aspectos ó entidades que se corresponden en la analogía y los que no.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Mario Bunge (1983) *La Investigación Científica.* Editorial ARIEL, S.A. Barcelona

2. Luis A Godoy (2002) *Sobre La Estructura De Las Analogías En Ciencia*. Interciencia Vol. 27 N°8.
3. Javier Aracil y Francisco Gordillo (1997) *Dinámica de Sistemas*. Alianza Editorial S.A. Madrid.
4. Luis A. Godoy. (2001) *Éxitos Y Problemas De Las Analogías En La Enseñanza De La Mecánica*. Revista de Educación en Ciencias.
5. Marta L. Gil, Liliana Delgado (1994) *La Tecnociencia Y Nuestros Tiempos*. Editorial Biblos. Argentina.
6. Oscar Varsavsky (1982) *Obras Escogidas*. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires.
7. Max Black (1966) *Modelos y Metáforas*. Editorial Tecnos.S.A. Madrid.
8. E. V. Krick. (1973) *Introducción A La Ingeniería Y Al Diseño En La Ingeniería*. Editorial Limusa S.A. México.
9. Mario Bunge (1985) *Teoría y Realidad*. Editorial ARIEL, S.A. Barcelona.
- 10.J. Luis García Valle (1988) *Matemáticas Especiales*. Editorial McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
11. Aquiles Gay. (2000) *Temas para Educación Tecnologica*. Ediciones La Obra.

## **PROCESO DE DISEÑO**

## **PROBLEMAS TECNOLÓGICOS**

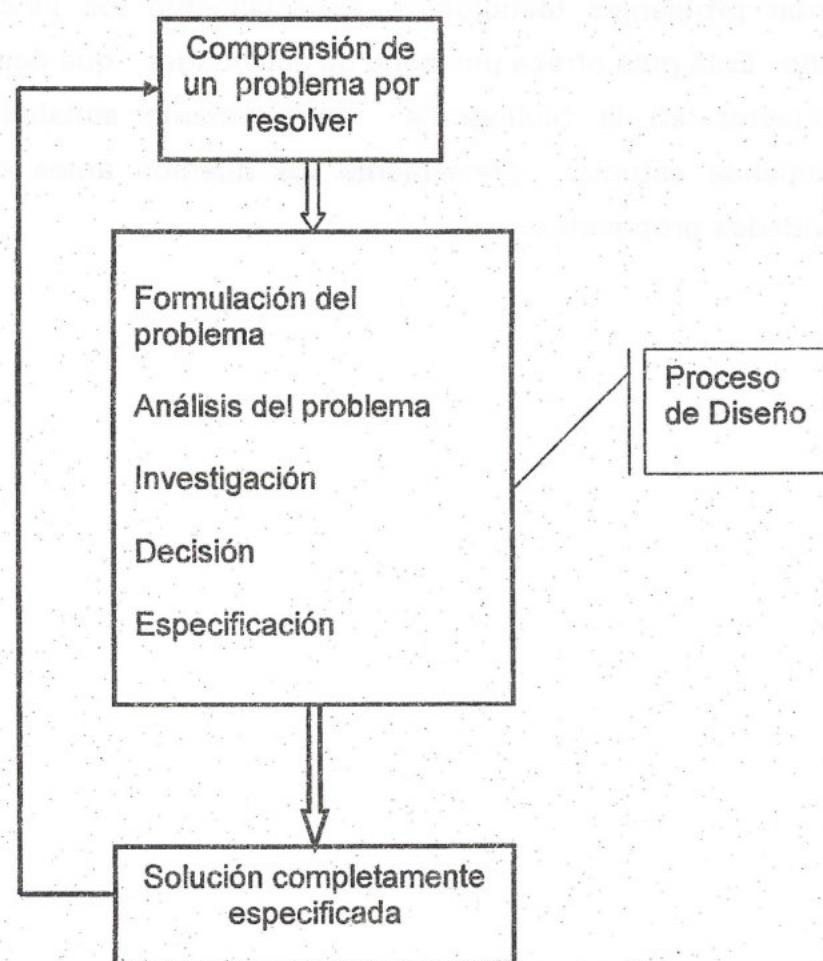
## INTRODUCCIÓN

Los capítulos 8, 9, 10, 11 y 12 del libro “*Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería*” de E. V. Krick, ofrece una metodología para abordar problemas tecnologías, especialmente los vinculados con el diseño. Esta guía ofrece una serie de actividades que complementan los propuestos en la bibliografía anteriormente señalada, además se recomienda estudiar previamente los mismos antes de abordar las actividades propuestas.

## PROCESO DE DISEÑO

### SOLUCIÓN DE PROBLEMAS TECNOLÓGICOS

Modelo propuesto por Krick



## FORMULACIÓN DE PROBLEMAS ACTIVIDADES

Las actividades se realizaran en grupo, compuesto preferentemente por 5 integrantes.

### Actividad N° 1

1.1. Proponer relaciones, expresadas en frases cortas, entre el término "Problema" y los siguientes:

a) Cambio	b) Necesidad
c) Conflicto	d) Creatividad
e) Objetivo	f) Oportunidad
g) Solución	h) Disolución
i) Cotidiano	j) Conocimiento

### Actividad N° 2

2.1. Basándose en el texto que se presenta a continuación, del libro "El arte de resolver problemas" de R. L. Ackoff, efectuar consideraciones respecto a:

- 1) Reducir un problema a su mínima expresión.
- 2) La amplitud en la formulación del problema.
- 3) El trabajo interdisciplinario en los problemas tecnológicos.

*Después de la Segunda Guerra Mundial, cuando la riqueza en las islas Británicas aumentó, sus habitantes se volvieron más sensibles al confort: la*

calefacción central y la refrigeración se hicieron cada vez más comunes. Con el uso mayor de los refrigeradores, los congeladores de uso doméstico se popularizaron. Por tanto, el negocio de los alimentos congelados se volvió más atractivo.

Una gran compañía de alimentos decidió desarrollar una línea de pescado congelado, una fuente importante de proteínas en la dieta de los Británicos. La compañía ya estaba completamente integrada como productora y vendedora de pescado. Por un lado, tenía su propia flota pesquera y por el otro, tenía su propia cadena de mercados de pescado. La compañía instaló equipos de congelación y empaque en sus plantas en los muelles, a donde las flotas traían lo capturado. Acompañado de una fuerte campaña publicitaria se introdujo el pescado congelado al consumidor británico.

La tasa inicial de prueba fue alta, pero las ventas decayeron rápidamente en poco tiempo. Evidentemente, pocos lo probaron por segunda vez. La compañía puso a trabajar a sus investigadores en el mercado para que hallaran el porqué. Se enteraron, por entrevistas a las amas de casa que habían probado su producto, que el sabor del pescado era insípido, no tan bueno como el fresco.

Tras de comprobar por su cuenta, mediante expertos en el sabor, la compañía le pidió a los químicos especialistas en alimentos, que descubrieran la causa de la perdida del sabor. Los científicos la atribuían a los cambios químicos que tenían lugar en el pescado muerto, a pesar de que se almacenara en hielo dentro de los barcos. Estos cambios, combinados con el proceso de congelación, daban por resultado la pérdida del sabor. Los químicos sugirieron que se congelara el pescado a bordo de los barcos o que se los mantuviera vivos hasta que llegaran a la planta congeladora que estaba en tierra.

La compañía hizo que sus ingenieros llevaran a cabo una comparación de los costos de esas alternativas. Encontraron que era menos costoso mantener vivos a los pescados si se convertían en piscinas las bodegas en las que se lo vaciaba desde redes en que se los había capturado. Así se hizo. Luego, se

lanzo otra campaña publicitaria. De nuevo el número de pruebas iniciales fue grande, pero la subsiguiente caída en las ventas fue dramática.

Se inicio otra investigación de mercado, la que reveló que el sabor del pescado congelado seguía siendo insípido. Otra vez se consulto a los químicos; esta vez encontraron que la densidad del pescado en las bodegas era tan grande que los peces no se podían mover libremente. Esta iniciativa, dijeron los científicos, producía los cambios químicos responsables de la perdida del sabor. Aconsejaron que se mantuviera activos los peces.

De nuevo se llamo a los ingenieros para que hallaran la manera de hacer que los peces se movieran con una concentración tan grande en el agua. Montaron tanques en el laboratorio, los llenaron de agua y de peces y experimentaron varias maneras de hacer que se movieran. Todo lo que probaron fracaso; los peces se mantenían inactivos no importaba cuánto se agitara el agua.

Un día, un experto en la historia natural de los peces visitó el laboratorio. (Lo hizo por algo que no tenía relación alguna). Vio los tanques y preguntó que cosa trataban de hacer los ingenieros con los peces. Escuchó la explicación y contempló pacientemente su esfuerzo. Cuando terminaron los ingenieros y el experto estaba por marcharse les preguntó: "¿ Por qué no prueban poner un depredador junto con ellos?".

Así lo hicieron y resultó: los peces se movían para evitar que los consumieran; naturalmente algunos fallaban, y eran devorados, pero el costo era muy pequeño por el resultado del sabroso pescado congelado. Desde entonces el mercado prosperó.

## 2.2. Analizar cuales de las siguientes consideraciones, son pertinentes en el momento de *formular un problema*:

- a) Analizar los detalles del problema.
- b) Definir en términos generales el problema.
- c) Obtener una perspectiva del problema.

- d) Suprimir los síntomas del problema.
- e) Determinar los aspectos controlables del problema.
- f) Determinar los aspectos no controlables del problema.
- g) Identificar una situación deseada o meta.
- h) Considerar la solución del problema como el problema.
- i) Realizar la formulación tan general como lo amerite la importancia del problema.
- j) Establecer los límites de la amplitud de la formulación de un problema vinculándolos con los aspectos controlables del mismo.

2.3. Reformular los problemas que se presentan en las siguientes situaciones conflictivas, explicitando los criterios seguidos al realizarla.

- a) En un negocio se deseaba determinar el peso del envase de un producto en polvo para poder calcular los costos de transporte, sin embargo los envases que contenían el polvo eran tan pesados que se necesitaban tres hombres para levantar un tonel hasta la balanza. Se pensaron distintas posibilidades: construir una rampa, emplear rodillos, utilizar un sistema de poleas, etc. Que no dieron muchos resultados.
- b) El Sr. López comerciante de libros, a decidido viajar a la localidad de Pasco, el día miércoles. El servicio de transporte público Córdoba- Pasco, se realiza los días martes. Él necesita llevar 20 libros que vendió a la biblioteca pública de Pasco, recién inaugurada, con motivo de celebrarse el aniversario número 75 de la fundación de dicha localidad. El Sr. López, está considerando la posibilidad de viajar a Villa María en transporte público y luego conseguir un automóvil de alquiler, pero esto resulta muy costoso.

## ANALISIS DEL PROBLEMA

### Actividad N° 3

3.1. Basándose en el texto que se presenta a continuación, considerar si el análisis del problema, puede cambiar la formulación del mismo, y argumentar brevemente la conclusión a que se arribe.

*"En 1957, algunos extranjeros trataban de introducir en la India la planificación familiar, con objeto de controlar la explosión demográfica. Se distribuían anticonceptivos e información acerca de su uso, pero no tenían éxito, dado el poco efecto sobre la tasa de natalidad de la India. Consideraban que el fracaso se debía a la ignorancia, irracionalidad o a la intransigencia del hindú. Esta explicación del fracaso no producía ideas sobre la manera de aumentar la efectividad.*

*Un consultor sugirió la idea de considerar la hipótesis de que los hindúes eran racionales y ellos no lo eran. Esto, agrego, podría dar una explicación más provechosa del fracaso. Además existen algunas pruebas de que otra de sus hipótesis principales –que los hindúes no sabían como controlar el tamaño de la familia- era equivocada. Las familias hindúes mostraban tendencia a tener considerablemente menos niños de los veinte o treinta que biológicamente era posible tener. Lo que indicaba que ya estaban practicando un control de la natalidad. Una vez que aceptaron esto, el problema era determinar por qué querían tener tantos niños como tenían. Esto contradecía la idea que los planificadores familiares sustentaban, que el número de niños que las familias hindúes tenían estaba fuera de control.*

3.2. Evaluar la siguiente afirmación:

*"En el análisis de problemas tecnológicos es importante considerar los siguientes aspectos: utilización (veces en que ha de emplearse la*

solución), tiempo disponible (periodo de tiempo establecido ó no, desde que se plantea el problema hasta que se realiza la solución), cantidad de producción (numero de veces que se va a reproducir la solución), marco legal y normativo (aspectos legales y normativos que restringen posibles soluciones o la producción de la solución), criterios de selección (preferencia para la selección de soluciones). Los criterios más frecuentes utilizados en tecnología son: seguridad, economía, confort, etc.”

3.3. Analizar de qué modo los aspectos anteriormente citados modificarían, o no, la búsqueda de solución a un problema. Elaborar posible ejemplos.

## BUSQUEDA DE SOLUCIONES

Al buscar las soluciones posibles, se realiza una exploración o investigación, en la literatura técnica y científica, y en el mundo que nos rodea. La acumulación de conocimientos humanos nos brinda la posibilidad de observar y analizar soluciones ya hechas en determinados contextos. El buscar soluciones implica explorar nuestra memoria, consultar libros, informes técnicos, aplicar prácticas existentes y poner en marcha la creatividad.

4.1. Elaborar un listado de actividades a desarrollar en la búsqueda de soluciones a un problema

Algunas técnicas para la generación de ideas

- ❖ “Tormenta de Ideas”

La base de la Tormenta de Ideas es crear un ambiente de grupo, bajo el principio de la suspensión del juicio o crítica para generar ideas. Este principio ha sido probado por los investigadores científicos tanto a escala individual como de grupo. La fase de generación se separa de la etapa de juicio o crítica de las ideas.

En el libro de Michael Morgan, Creative Workforce Innovation, el autor propone la siguiente guía:

La Tormenta de Ideas es un proceso que funciona mejor con un grupo de personas cuando se siguen las siguientes reglas:

- Tenga el problema claro y bien definido.
- Asigne a alguien para escribir todas las ideas a medida que se produzcan.
- Conforme un grupo con el número requerido de personas.
- Asigne a alguien que se encargue de hacer respetar las siguientes reglas:
- Suspender el juicio o crítica.
- Toda idea es aceptada y registrada.
- Anime a las personas a construir sobre las ideas de los demás.

4.2. Realice una “tormenta de ideas” para generar un listado de:

- Aplicaciones que se le pueden dar a un clip.
- Aplicaciones de los envases descartables de leche.

❖ Dar Vueltas: esta técnica propone encontrar diferentes perspectivas del problema “dando vueltas al problema”, desde adentro hacia fuera, de abajo hacia arriba para ver nuevas aristas.

4.3. En el texto propuesto en la actividad 4.1. ¿Se dio vueltas al problema?.

4.4. Seleccionar algún producto, proceso o servicio tecnológico, de uso corriente que puedan calificarse como “Solución Elegante”.

“Solución Elegante”, aquella en la cual los costos están controlados, los plazos de tiempo se respetan, los criterios se satisfacen y la solución se logra con precisión y simplicidad

4.3. Elaborar un texto breve en donde se articulen algunos o todos los aspectos de la resolución de problemas tecnológicos con algunas o todas las citas que a continuación se explicitan:

- La casualidad sólo favorece a los espíritus preparados.

*Luis Pasteur*

- En tiempos de crisis la imaginación está por encima del conocimiento.

*Albert Einstein*

- Me estaré volviendo tonto que todos están de acuerdo conmigo.

*Romano anónimo*

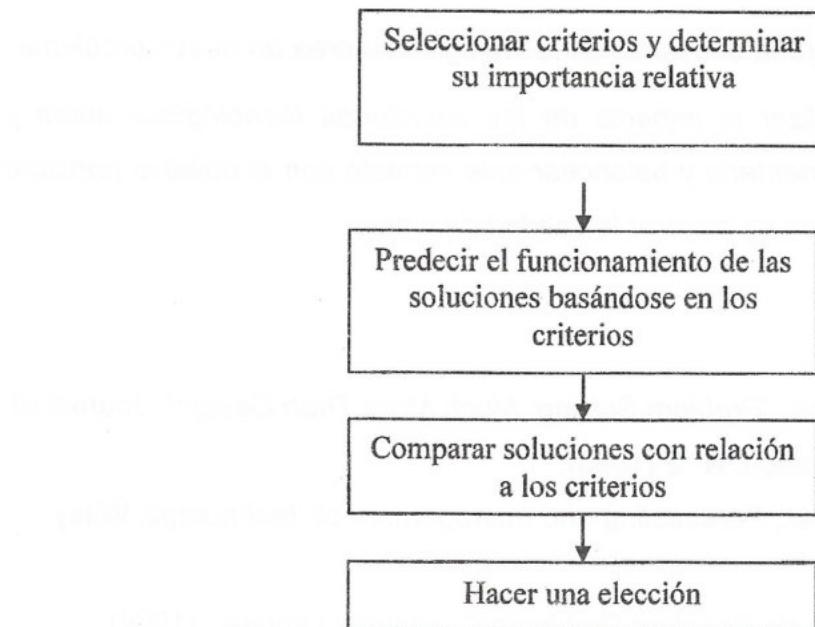
- En la naturaleza están todos los estilos futuros.

*Augusto Rodin*

### **SELECCIÓN DE SOLUCIONES- fase de decisión**

En la búsqueda de solución, se tiende a ampliar el número de soluciones posibles. Lo que se necesita a continuación es un procedimiento que seleccione entre estas alternativas una solución preferible.

5.1. Analizar el siguiente modelo para seleccionar una solución entre varias posibles e indicar al menos una ventaja y una desventaja del mismo.



5.2. Antes de tomar una decisión con relación a la elección de la solución de un problema, se puede realizar un análisis de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas. El objetivo es resaltar las fortalezas y las debilidades diferenciales internas, al compararlas de manera objetiva y realista con las oportunidades y amenazas claves del entorno.

La parte interna tiene que ver con las fortalezas y las debilidades de su problema o solución, aspectos sobre los cuales se tiene algún grado de control. la parte externa mira las oportunidades y las amenazas que se deben enfrentar. Circunstancias sobre las cuales se tiene poco o ningún control directo.

- Realizar un análisis de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas de la playa de estacionamiento ubicada la facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la U.N.C. ubicada en la ciudad Universitaria.

Introducción a la Ingeniería  
Mcs. Inga. Gabriela Durán

- 5.3. Evaluar las siguientes afirmaciones, y efectuar un comentario sintético de las mismas:
  - *La tecnología puede verse como una forma de modificar el medio ambiente y satisfacer nuestras necesidades.*
  - *Cuando se implementa una solución tecnológica se crea un nuevo problema.*
  - *Es necesario analizar el impacto de las soluciones tecnológicas antes y después de implementarla y balancear este impacto con el objetivo principal de la tecnología que es mejorar la calidad de vida.*

**Bibliografía**

- Joseph McCade, "Problem Solving: Much More Than Design". Journal of Technology Education. Nº 2 (1990).
- A. L. Porter et al., *Forecasting and management of technology*, Wiley (1991)
- Ackoff. "El Arte de Resolver Problemas". Editorial Limusa. (1994)
- E.V. Krick. "Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería", Editorial Limusa. Tercera reimpresión. (1978).

## **Proceso de Diseño**

**Autor: Krick**

## El proceso de diseño: formulación del problema

A continuación presentamos el procedimiento general para resolver un problema de ingeniería:

- *Formulación del problema:* el problema de que se trate se define en forma amplia y sin detalles.
- *Análisis del problema:* en esta etapa se le define con todo detalle.
- *Búsqueda de soluciones:* las soluciones alternativas se reúnen mediante indagación, intervención, investigación, etc.
- *Decisión:* todas las alternativas se evalúan, comparan y seleccionan hasta que se obtiene la solución óptima.
- *Especificación:* la solución elegida se expone por escrito detalladamente.

Este procedimiento de cinco fases, el *proceso de diseño*, se describirá en éste y en los siguientes cuatro capítulos.

El proceso de diseño abarca las actividades y eventos que transcurren entre el reconocimiento del problema y la especificación de una solución del mismo que sea funcional, económica y satisfactoria de algún modo. El diseño es el proceso general mediante el cual el ingeniero aplica sus conocimientos, aptitudes y puntos de vista a la creación de dispositivos, estructuras y procesos. Por tanto, es la actividad primordial de la práctica de la ingeniería. Qualquier cosa que sea lo que diseñe un ingeniero; ya sea un generador de energía nuclear, un vehículo submarino, un sistema bélico, una presa, una prensa de imprenta, una planta procesadora de alimentos o un corazón mecánico, realizará ese trabajo mediante el mismo proceso básico de diseño. Ahora presentaremos un detallado modelo verbal de este procedimiento.

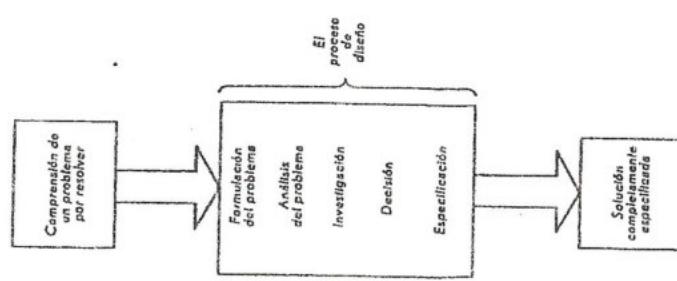


FIGURA 1.

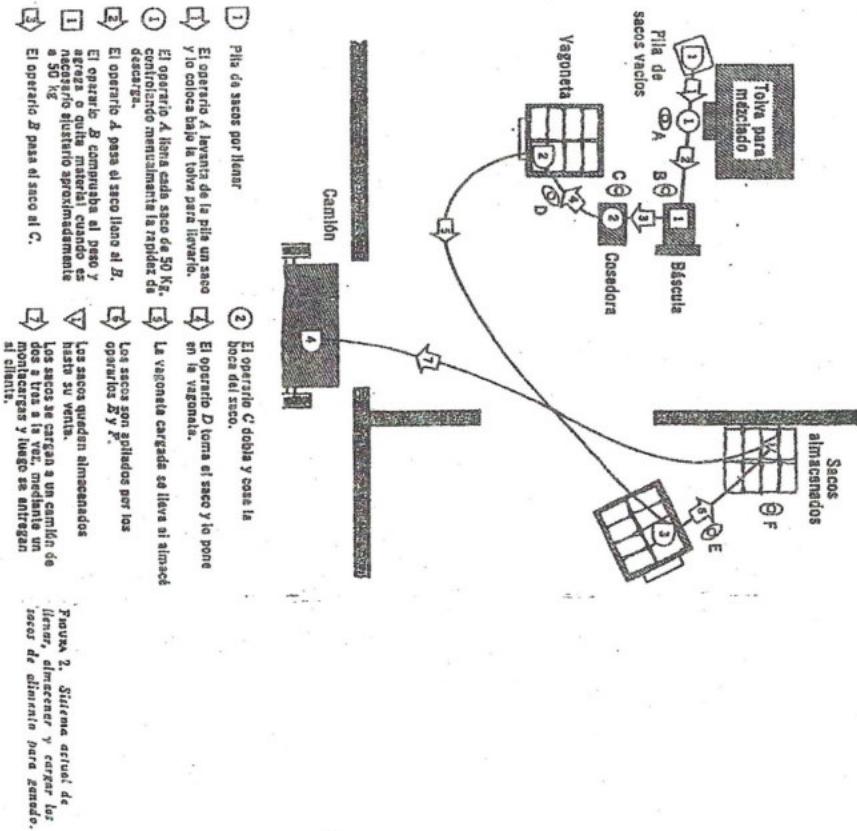
## FORMULACION DEL PROBLEMA

«Se intentaría resolver un problema sin saber en qué consiste? Seguramente que no; sin embargo, esto es exactamente lo que uno está inclinado a hacer y que difícilmente puede conducir a una resolución efectiva. Lo que verdaderamente tiene sentido es conocer tanto el problema que se trata de resolver como saber si vale la pena resolverlo, antes de juntarse a considerar los detalles. También es conveniente tener una vista panorámica del problema *desde el principio*, porque una vez que uno se sumerge en los detalles es materialmente imposible tener una amplia perspectiva. Por lo tanto, los objetivos principales de la formulación de un problema son definir en términos generales en qué consiste, determinar si merece nuestra atención y obtener una buena perspectiva del problema cuando sea más oportuno y fácil hacerlo. Es obvio que éstas son cosas que deben conocerse al principio. Esta importante fase del proceso de diseño, un hecho cuya importancia no se ve con claridad, requiere sólo una pequeña parte del tiempo total dedicado a un problema.

Raramente se le presenta el verdadero problema al ingeniero; más bien, él mismo debe determinar en qué consiste. Esto suele ser difícil porque su naturaleza a menudo es encubierta por mucha información sin importancia, por las soluciones que se emplean corrientemente, por opiniones que originan confusión y por las formas tradicionales y desventajosas de considerar un problema. Tal situación es emperrada por el hecho de que en la escuela se acostumbra presentar los problemas a los estudiantes de manera absolutamente ajena a la realidad, de modo que los ingenieros novatos carecen de la práctica y la aptitud necesarias para definir los problemas. En vista de tales circunstancias y de las consecuencias de una definición descuidada e ineficaz de un problema, corresponde al lector empezar ahora a desarrollar su habilidad en la formulación de problemas reales.

**Un caso concreto.** La dirección de una gran empresa que distribuye alimentos para ganado está preocupada por el costo relativamente elevado de manejar y almacenar sus productos. Se encargó el problema a un ingeniero para que tratase de lograr una reducción significativa de los costos. En la actualidad los productos se colocan en sacos y almacenan como se indica en el esquema de la Fig. 2.

Una tendencia común es la de tratar inmediatamente de hallar posibles mejoras a la solución existente (generalmente hay una). En este problema uno se siente inclinado a comenzar por escudriñar la solución descrita en la Fig. 2, buscando



mejoras que puedan hacer más económico el proceso. La persona que haga esto, de inmediato tendrá que considerar cosas tales como el equipo para llenar, pesar y coser los sacos, la disposición de las instalaciones, las formas de transportar los pesados sacos, los medios de combinar las operaciones y otras mejoras posibles.

Lo anterior es exactamente lo que *no* se debe hacer al atacar un problema: meterse inmediatamente en el proceso de producir soluciones (lo cual tiene su momento adecuado, como se verá después). Obsérvese que al proceder así se está tratando de generar o producir soluciones a un problema que

no se ha definido todavía. En realidad, este procedimiento resultará muy costoso para la persona que lo emplee.

**NOTA.** La solución de un problema no es el problema mismo. Lo anterior parece obvio y, sin embargo, probablemente el lector haría esto mismo: atacar la solución presente y no el problema. Hay una sutil, pero importansima diferencia entre desmenuzar o examinar la solución tratando de eliminar sus inconvenientes, y comenzar con una definición del problema y obtener metódicamente una solución adecuada mediante el proceso de diseño. A fin de cuentas, el segundo procedimiento contribuirá en gran parte al funcionamiento adecuado del diseño logrado.

Ahora ya se sabe qué es lo que no hay que hacer.

¿Qué debe hacerse? Precisamente al comenzar se debe exceptuar en términos generales el problema particular, ignorando los detalles por el momento y concentrándose en la identificación de los estados A y B (que pueden llamarse "entrada" y "salida," si se quiere). A continuación se dan algunas formulaciones alternativas del problema de los alimentos para ganado.

Hallar el método más económico de...

- 1) llenar pesar coser y apilar los sacos.
- 2) Pasar los productos del depósito de mezcla (estado A) a los sacos apilados en el almacén (estado B).
- 3) Pasar los productos del depósito de mezcla a sacos en el camión de entrega.
- +) Pasar los productos del depósito de mezcla al camión de entrega.
- 5) Pasar los productos del depósito de mezcla a un medio de entrega.
- 6) Trasladar los productos del depósito de mezcla a los depósitos de almacenamiento de los consumidores.
- 7) Trasladar los productos desde los depósitos de almacenamiento de los ingredientes hasta los depósitos de almacenamiento de los consumidores.
- 8) Trasladar los productos desde el productor hasta el consumidor.

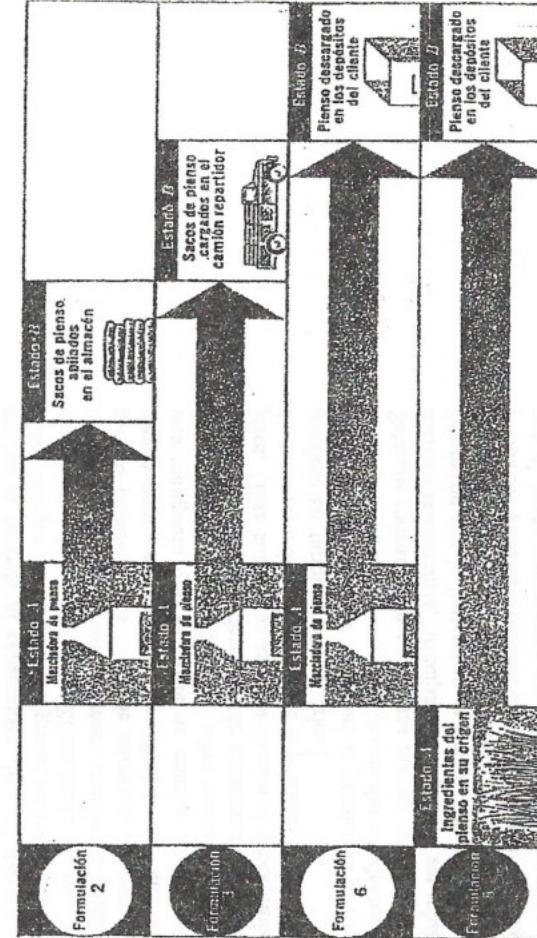
La formulación 1 es inaceptable, pues no identifica los estados A y B y contiene restricciones: "llenar, pesar, coser y apilar", que no caben en la formulación de un problema. Obsérvese que estas restricciones son características de la solución actual. Las formulaciones de la 2 a la 8 son aceptables, pero no son recomendables en igual grado. Esa disposición de formulaciones y el hecho de que las probables consecuencias de seguir cada una sean completamente diferentes, plantea una importante cuestión que se conoce por "amplitud" de la formulación de un problema.

**Amplitud de la formulación del problema que realice el lector.** En las formulaciones 2 y 3 se supone que el producto está dentro de sacos en el estado B. En la 4 sólo se especifica "el camión", abriendo el problema a soluciones en que no intervengan sacos. En la 5 únicamente se especifica "un medio de entrega" para el estado B, admitiendo así soluciones adicionales en las que no intervengan camiones. Esta tendencia hacia una definición menos concreta de los estados A y B continúa hasta que sólo se mencionan el productor y el consumidor, dejando la puerta abierta a una amplia variedad de métodos de manejo, formas de transporte, tipos de empaque, etc. Así pues, es evidente que a medida que son más generales las especificaciones supuestas para los estados A y B, son más numerosas y variadas las soluciones alternativas de que puede disponer el proyectista. Hay que tratar de que la formulación sea tan general como lo amerite la importancia del problema. El no seguir esta norma hará que campos enteros de ventajosas posibilidades sean excluidos innecesariamente de la consideración. La mayor parte de las personas que tratan de resolver el problema de los alimentos de ganado supondrán automáticamente e injustificadamente que el estado B son los sacos apilados en el almacén, y terminarán todo el proceso de diseño sin darse cuenta de que ellas mismas han limitado a ese grado el problema.

En la formulación 2, del estado B llega sólo hasta la pila de sacos del almacén (Fig. 3). La formulación 3 extiende el

Percebe el lector diferencias en las soluciones que podrían resultar de estas diversas formulaciones?

FIGURA 3. Formulaciones alternativas del problema de distribución de alimentos para ganado que ilustran las más amplias de un problema.



estado *B* hasta el camión y la *G* lo lleva hasta el consumidor. En las formulaciones *7* y *8* se extiende el estado *A*. En cada uno de estos casos el problema se extiende o amplía de manera que abarque más del problema total. En general, debe tratarse siempre de formular un problema de modo que comprenda o incluya tanto del problema total, como lo permitan la situación económica y los límites de la organización. Cuanto más se divida un problema total en subproblemas que hayan de ser resueltos por separado, menos efectiva será probablemente la solución total. Si la puesta en sacos de los productos se trata como un problema, el transporte y el almacenamiento en el almacén como otro, el traslado hasta el consumidor como otro y la descarga de los camiones como otro más, el sistema de distribución de los productos que resulte finalmente es muy probable que esté muy lejos de ser el óptimo. Al tratar este problema con amplitud se tienen muchas probabilidades de obtener un sistema total muy superior a cualquier otro.

El detalle con que se especifiquen los estados *A* y *B* y la porción del problema total que comprendan, se denominarán en lo sucesivo "amplitud de la formulación del problema". La formulación *8* del problema de los alimentos para ganado es ciertamente más amplia que la *2*.

**Importancia de una formulación amplia.** El ingeniero encargado de este proyecto acertó al eliminar la limitación de utilizar sacos y, por lo tanto, abrió el problema a la posibilidad de manejar los productos a granel. Asimismo, su formulación abarcó la entrega al consumidor, lo cual despejó el camino para entregar los alimentos a granel en los depósitos de almacenamiento de los granjeros. El resultado fue que, después de muchos años de realizar el penoso trabajo de cargar y descargar los pesados sacos llenos de alimento, los repartidores entregan ahora el producto impulsándolo con aire a través de una manguera que va desde un camión de reparto especial, el cual es un gran "depósito sobre ruedas", y que descarga directamente en los depósitos de almacenamiento de los granjeros. (Este sistema se asemeja mucho al procedimiento usual de entregar a domicilio el gas o el petróleo combustible deseando en tanques estacionarios.)

El tratamiento con amplitud de problemas que fueron acaecidos previamente por partes, puede dar excelentes resultados. Estamos rodados de problemas que no han sido resueltos de manera satisfactoria, principalmente porque sus solucionadores razonaron con la "estrechez de miras", ordinaria y tradicional. Lo anterior se aplica a la enseñanza, los negocios, la medicina y muchos otros campos, así como a la ingeniería. La razón de que el autor recomienda con particular insistencia la formulación amplia de los problemas es que hay mayor probabilidad de obtener soluciones notablemente mejores. Hay grandes oportunidades para los ingenieros capaces de atacar problemas en una forma amplia, fuera de la común. El siguiente estudio

de un caso ilustra lo que propugna el autor.

La ciudad X tiene un grave problema de estacionamiento de autos. Cuarenta por ciento de su zona comercial está ocupada por estacionamientos. Esto ha impulsado a los funcionarios de la ciudad a contratar a un ingeniero consultor para diseñar un edificio de varios pisos que sirva para estacionar 600 autos. Será la primera de una serie de edificaciones semejantes que se construirán en el área congestionada.

(Este problema urbano se presentó principalmente porque vista insuficientemente amplia del problema de la comunidad, sugiriieron la construcción de una red de supercarreteras, haciendo que fuese muy rápido y sencillo viajar por automóvil entre los suburbios y la zona central de la ciudad. El resultado fue impredecible. Los residentes suburbanos aprovecharon el túnel de alta velocidad que conducía al corazón de la ciudad e inundaron de autos la zona comercial.)

Antes de especificar los detalles de las instalaciones deseadas, el ingeniero dedica alguna consideración al problema para el cual las edificaciones propuestas son supuestamente la solución. (Observese que al ingeniero se le dio la solución que idearon los funcionarios de la ciudad para ese problema. Su tarea consiste entonces en adaptar esa solución de manera que sea estructural, económica y funcionalmente adecuada.) El ingeniero visualiza el problema fundamental como el de trasladar una gran parte de la población de su lugar de residencia a su sitio de trabajo. Hay una diferencia importante entre esta formulación del problema y la solución restringida dada al consultor. Su formulación amplia abre el problema a un gran campo de soluciones prometedoras. Una es un sistema de tránsito de alta velocidad. Por supuesto, en esta formulación realizada por el ingeniero nada impide la posibilidad de un tipo distinto de comunidad urbana que reduzca la necesidad del transporte en masa.

El ingeniero cumple su deber ético. Informa a los funcionarios de la ciudad que en su opinión el aumentar la extensión de los estacionamientos de la misma no es la solución correcta del problema y que se abstiene de diseñar las instalaciones propuestas. En vez de eso, expone su consideración del problema y algunas soluciones alternativas que se derivan de él. El adoptar una amplia perspectiva del problema y sostenerla cuando tal actitud es lo mejor para los intereses de su cliente, es una característica de un ingeniero profesional.

¿Con qué amplitud puede usted formular un problema? Esta es una decisión que usted tiene que tomar. Una formulación de un problema es un punto de vista: la forma en que usted lo concibe. Puede consistir sólo en algunas ideas o cuantas notas o apuntes escritos de prisa. No es irrevocable o inmutable; podrá ser cambiada si se considera necesario o deseable. En consecuencia, usted debe formular problemas con amplitud, pues es su prerrogativa y, de hecho, su obligación profesional. Si no se procede de este modo, uno se engaña a sí mismo y engaña a su cliente. Sin embargo, el idear una formulación amplia de un problema es una cosa y el grado en que uno pueda aplicarla en el resto del proceso de diseño es un asunto completamente distinto. El cumplimiento cabal de una formulación puede ocasionar un conflicto directo con las decisiones ya tomadas por su cliente o patrón, o bien puede conducir a áreas de decisión que son de la responsabilidad de otras personas de la organización. El ingeniero encargado del problema de la distribución de alimentos para ganado encontró cierta oposición cuando intentó llevar a cabo su formulación amplia en términos de "productor a consumidor". Tuvo que persuadir a las personas responsables de las decisiones correspondientes de que descartaran la idea de los sacos individuales, de cambiar los métodos de almacenamiento, de alterar las normas o sistemas de ventas, etc. El tuvo éxito, pero por una variedad de razones posibles alguien podría muy bien haberle dicho que desistiera de sus propósitos, obligándolo a emplear una formulación más estrecha que fuera en contra de los intereses de la empresa.

El grado en que se justifique y pueda uno llevar a cabo una formulación amplia de un problema dependerá del alcance de nuestras responsabilidades o autoridad, de la importancia del problema y de la limitación (si la hay) de tiempo y dinero que se tenga para su resolución.

**Métodos de formulación de un problema.** Un problema puede formularse verbal o esquemáticamente de modo satisfactorio, ya sea en el papel o en la mente. En muchos casos bastarán unas cuantas palabras (pág. 125), o quizás sea preferible un esquema (Fig. 3). El método de la "caja negra" para visualizar un problema es una formulación esquemática. La utilidad de este enfoque puede ilustrarse aplicándolo a un tipo de problema que suele definirse insatisfactoriamente: el de procesamiento de información (Fig. 4). Por ejemplo, una agencia que realiza reservaciones de asientos para un vuelo o un teatro, es un sistema de procesamiento de información. El cliente potencial va con el vendedor de boletos y le entrega una solicitud que comprende un cierto número de asientos,

la fecha y algunas otras especificaciones. Todo esto constituye la "entrada" a la caja negra. La "salida" es también información, bajo la forma de confirmación de la solicitud o presentación de las alternativas disponibles. Para la etapa de formulación del problema, lo que ocurre dentro de dicha caja no se conoce o carece de interés; esto substituye a los detalles que estamos tratando de evitar por ahora y, por lo tanto, es la clave de su utilidad. La anterior es una valiosa forma de considerar un problema de procesamiento de información o cualquier otro tipo de problema. La sencillez del método de la "caja negra" encubre su utilidad como ayuda para la resolución de problemas.

Quizás ya se le haya ocurrido al lector que hasta ahora no se le han dado reglas concretas y rápidas para formular un

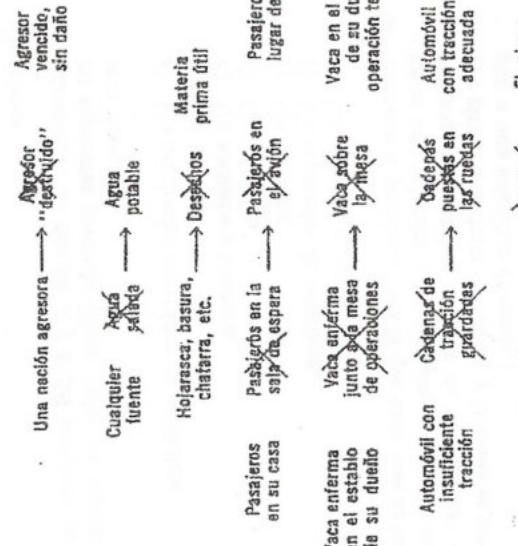
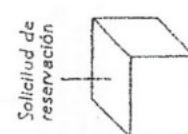


FIGURA 5. Algunas formulaciones de problemas conocidos, que muestran su aumento de amplitud o mejor punto de vista. Se debe tratar de visualizar en cada ejemplo los posibles beneficios de la formulación más amplia. (En el primer caso la mejor perspectiva de emplear medidas no destructivas abre el problema a la solución para someter a vencez armados, tales como los métodos para incapacitarlos temporalmente o inhabilitar sus armas.)

El mismo, con una buena educación

Join al Ingresar a la universidad → con el título profesional



Solicitud de reservación

Confirmación o cotización de las alternativas disponibles

problemática. Ningunas reglas se justifican. No existe cosa tal como la formulación correcta de un problema determinado, pero si hay, por cierto, reglas más o menos ventajosas o útiles. Lo mejor que puede hacer el autor es ofrecer guías o pautas que ya ha seguido, y citar algunos ejemplos (la Fig. 5 puede ayudar). Corresponde al lector aprovechar esas guías y su propia experiencia para desarrollar su aptitud de formulación de problemas.

**Resumen.** Se ha dicho que un problema bien definido está prácticamente resuelto. Aunque esto es exagerado, sirve para destacar la importantísima naturaleza de esta fase del proceso de diseño. Un problema puede formularse con distintos grados de amplitud. Estos van desde una definición muy amplia que maximiza el número y el alcance de las alternativas que pueden considerarse, hasta una que ofrece muy poca libertad para elegir las posibles soluciones. Entre estos límites hay que hacer la elección.

La "entrada" que interviene en la fase de formulación es una información, vaga y mezclada con hechos sin importancia y confusos, acerca de lo que se necesita o se quiere. La "salida", una provechosa formulación del problema, se convierte en "entrada" para la siguiente fase del proceso de diseño, el análisis del problema.

### Ejercicios

- Identifique los estados A y B del problema principal de las siguientes personas. Haga todas las suposiciones que sean necesarias.

- a) Un muchacho repartidor de periódicos.
- b) Un montañista.
- c) Un cocinero o cocinera.
- d) Un bombero.
- e) Un profesor.
- f) Un reparador de televisores.
- g) Un alfarero o ceramista.

- Formule el problema para el que cada una de las siguientes es una solución. (Por ejemplo, la entrada usual a un engranaje de cambios o "caja de velocidades" es un eje que gira a una cierta velocidad, y la salida es otro eje que gira a una velocidad diferente.)

- a) Un sistema público de amplificación de sonido.
- b) Una plancha eléctrica.
- c) Un aparato acondicionador de aire.
- d) Un sistema telefónico.
- e) Un oleoducto interestatal.
- f) Una planta embotelladora.
- g) Un aeropuerto.
- h) Una refinería de petróleo.
- i) Una barredora de nieve.
- j) Un tren de transbordo (o sea, el que viaja entre dos líneas ferroviarias principales).

## El proceso de diseño: análisis del problema

Un FABRICANTE de aparatos domésticos ha decidido introducir tentativamente al mercado un nuevo tipo de lavadora de ropa. Esta máquina ha de realizar las tareas usuales que se esperan de ella y también servir como máquina de lavado en seco en el hogar. Además, la dirección de la empresa ha decidido que:

1. La máquina no debe tener más de 75 cm de ancho, 95 cm de alto y 75 cm de fondo.
2. Debe funcionar con corriente alterna de 115 voltios y 60 ciclos.
3. Debe ser aprobada por los laboratorios oficialmente autorizados.
4. Su costo de fabricación no debe exceder de 125 dólares.
5. Debe servir satisfactoriamente para todos los materiales textiles naturales y sintéticos.
6. Debe ser a prueba de manejos equivocados.

El ingeniero encargado de diseñar esta máquina de uso múltiple basó su análisis del problema en una considerable cantidad de deliberaciones, investigaciones y consultas, especialmente con altos funcionarios de la compañía y expertos en mercadotecnia, quienes están en estrecho contacto con las preferencias del consumidor (Fig. 1). Su análisis, mostrado en la Fig. 3, se discutirá en los artículos subsiguientes.

**Especificación de los estados A y B.** En la formulación de este problema es suficiente identificar el estado A simplemente como las telas sucias, y el estado B como las mismas telas, pero limpias (Fig. 2). Sin embargo, para resolver el problema es necesario saber más acerca de la entrada y la salida. Por lo tanto, durante esta etapa del proceso de diseño se determinan las características cualitativas y cuantitativas de los estados A y B, como se muestra en la Fig. 3.

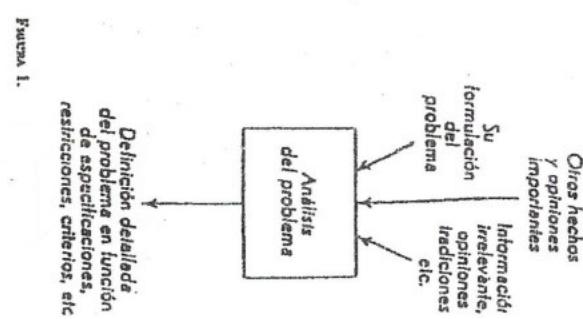


Figura 2.

Muy pocas características de los estados A y B son constantes. La cantidad de ropa que una persona ponga en una lavadora variará de carga a carga, y lo mismo la clase de las telas, la cantidad y tipo de suciedad, etc. (Ejemplos de otros problemas: la entrada de mineral de hierro a una planta siderúrgica varía en su composición química; la salida de potencia eléctrica de una central generadora varía efectivamente en un cierto período, etc.) Estas características dinámicas de los estados A y B se llaman *variables de entrada y variables de salida*, respectivamente.

Generalmente hay límites para el grado en que pueden fluctuar tales variables; por ejemplo, "el peso variable de entrada de la carga no puede exceder de 8 kilogramos", lo cual se expresaría simbólicamente por  $0 < P_e \leq 8 \text{ kg}$ , siendo  $P_e$  el peso de entrada. Esto se llama una *limitación de entrada*, y la equivalente para el estado B se denomina *limitación de salida*. Para que un ingeniero pueda resolver satisfactoriamente un problema, deberá contar con estimaciones de confianza de los valores de las variables y de las limitaciones de entrada y salida.

**Restricciones.** Una restricción es una característica de una solución que se fija previamente por una decisión, por la Naturaleza, por requisitos legales o por cualquier otra disposición que tenga que cumplir el solucionador del problema. En consecuencia, las decisiones mencionadas anteriormente (pág. 131) aparecerán como restricciones en la Fig. 3. Cada una limita las alternativas que se le presentan al solucionador del problema. Algunas restricciones limitan su elección a un intervalo de valores: "la máquina no puede tener un tamaño mayor de  $75 \times 95 \times 75$  centímetros"; otras fijan una característica de la solución: "debe funcionar con corriente alterna de 115 voltios y 60 ciclos". Así, pues, soluciones mayores que  $75 \times 95 \times 75$  cm son inaceptables y cualquier otro tipo de fuentes de energía está descartado. Generalmente, tales decisiones las hace quien emplea al ingeniero.

No todas las restricciones son aceptadas por el ingeniero. Por ejemplo, es posible diseñar una máquina limpiadora que sirva satisfactoriamente para todos los tipos de telas, pero el costo de idear y fabricar una máquina verdaderamente de uso general sería muy elevado. El ingeniero creé que el precio probable de venta de una máquina que sirva para todas las telas es desproporcionadamente más alto que el precio probable de una que sirva para *casi todas* las telas. Está convenido de que la decisión de que "sirva para todas las telas" carece de fundamento económico. En estas circunstancias, el ingeniero tiene que decidir si deberá aceptar esta restricción.

<b>Entrada : telas sucias</b>	<b>Limitaciones de entrada</b>
Tamaño de la carga	— — — — — No puede ser mayor que $115 \text{ dm}^3$
Peso de la carga	— — — — — No puede ser mayor que $8 \text{ Kg}$
O	— — — — Ninguna
Tipo de tela	— — — — Ninguna
Grado de suciedad	— — — — Ninguna
Tipo de suciedad	— — — — Ninguna
 <b>Salida : telas limpias</b>	 <b>Límiteaciones de salida</b>
Variables de salida	
Cantidad de suciedad	— — — — No más del 3 % del valor de entrada
Grado de encogimiento	— — — — No más del 0.5%
 <b>Variables de solución</b>	
Tamaño de la pieza	
Forma de la pieza	
Método para desprendir la suciedad	
O	
Método para separar la suciedad de las telas	
Fuente de energía	
Materials de construcción	
 <b>Restricciones:</b>	
No mayor de $75 \times 95 \times 75$ cm	
Hay que utilizar 115 voltos de C.A.	
Diseñar la instalación de los laboratorios de control (Underwriter Laboratories)	
Su costo no debe exceder de 125 dólares	
Debe operar a prueba de equivocaciones	
 <b>Criterios</b>	<b>Volumen de producción</b>
Atractivo de venta	Al aproximadamente 300,000 unidades
Costo de fabricación	
Facilidad de manejo	Usa
Seguridad para el operario	
O	
Confidabilidad	Un promedio de 1500 cargas durante la vida de la máquina
Facilidad de mantenimiento y reparación	
Efectividad de limpieza	
Peso	
Ruido	

FIGURA 3. Página del cuaderno de apuntes del ingeniero, que muestra su análisis del problema de la máquina limpiaadora de ropa.

o bien tratar de que la dirección de la empresa reconsiderase posiblemente revoque su decisión original.

Además, es evidente para el ingeniero que dos de las restricciones impuestas son incompatibles: una máquina de uso general que tenga un costo de manufactura de 125 dólares, y unos. Una o ambas restricciones deberán eliminarse para que pueda obtenerse una solución.

Por consiguiente, el lector probablemente no tendrá que observar o cumplir todas las restricciones impuestas, generalmente con la anuencia de quienes las establecieron, pues algunas no podrán ser atendidas y otras podrán satisfactoriamente a un precio exageradamente alto. Sería ingenuo suponer que todas las restricciones son decisiones óptimas que deben aceptarse a ciegas. La mayor parte de las decisiones hechas por ejecutivos, ingenieros y otros son subóptimas en cierto grado. Esto resulta del elemento deazar inherente a la búsqueda de posibles caminos de acción, del tiempo relativamente corto disponible para tomar decisiones, del papel predominante que desempeña el criterio u opinión personal en la toma de decisiones de la vida real, de las muchas implicaciones y consecuencias futuras que son imprevisibles, del grado en que se subdividen generalmente los problemas y se atacan como subproblemas relativamente independientes, y del hecho de que pocas decisiones se hacen sobre una base completamente objetiva.

Por tanto, no hay que aceptar automáticamente todas las restricciones dadas. Muchas veces una provechosa innovación debe su existencia a un ingeniero que no aceptó a ciegas como sólida e irrevocable toda restricción.

**Restricciones ficticias.** Considerese el problema de unir los nueve puntos de la figura 4 por no más de cuatro trazos rectos sin despegar la punta del lápiz del papel. Algunas personas no pueden resolver este problema, y otras necesitan mucho tiempo para ello, porque injustificadamente quieren descartar la posibilidad de prolongar las líneas más allá del cuadrado formado por los puntos. Se comportan como si esto no estuviera permitido, aun cuando no se mencionó ninguna restricción en el enunciado del problema. Esta exclusión injustificada e inde deseable de una posibilidad o de un grupo de ellas perfectamente legítimas, es una restricción ficticia.

La mayor parte de las restricciones ficticias no son decisiones explícitas para descartar ciertas posibilidades, sino que el solucionador del problema actúa automáticamente como si algunas alternativas hayan de ser excluidas. Muchos procederían a resolver el problema de los oímentos para ganar-

(pág. 122) como si tales productos forzosamente tuvieran que ser puestos en sacos, aun cuando nadie expresó que tuviera que ser así. El hecho de que las restricciones ficticias no establecen usualmente por deliberación consciente, es la principal causa de su elusividad. Si fueran enunciadas explícitamente, su naturaleza imaginaria y a menudo absurdia, saltaría a la vista. Volviendo al problema de los pliegos o alimentos para ganado, supóngase que se enuncian como restricciones algunas de las características de la solución actual, aunque no lo sean: "Los alimentos deben ser puestos en sacos; los sacos deben manejarse individualmente". Estas no son más que características del sistema actual que se expresan substituyendo las expresiones simples "se ponen" y "se manejan" por "deben ser puestos" y "deben manejarse". La citada solución es causa frecuente de restricciones imaginarias autoimpuestas. Es muy fuerte la tendencia a tomar equivocadamente *lo que es* por *lo que debe ser*. Debido a que todo el mundo tiene tal tendencia y teniendo presente que la eliminación de una restricción ficticia suele hacer que el problema admite soluciones más ventajosas, es muy necesario estar previendo contra esta equivocación.

**Variables de solución.** Las soluciones alternativas de un problema difieren en muchos aspectos. Las correspondientes al problema de la máquina lavadora de ropa difieren en características tales como tamaño, forma, método para quitar la suciedad de las telas, tipo de mecanismo y materiales con los que se construye la máquina. Las formas en que pueden ofrecer las soluciones de un problema se llaman *variables de solución*. La solución final de un problema consiste en un valor especificado para cada una de tales variables: un cierto tamaño, una determinada forma, etc.

Es esencial que el lector se cerciore de que ha entendido bien el propósito de la determinación de las restricciones y variables de solución. El objeto no es conocer todas las formas de restricción, sino darse cuenta de cuáles son las formas en que no hay restricción alguna, y posteriormente aprovechar esta libertad en la búsqueda de soluciones. Para ayudarlo en esta empresa, se recomienda al lector que primero identifique todas las variables de solución y luego determine cuáles son justificadamente fijas o limitadas.

**Criterios.** Los criterios que se utilizarán para seleccionar el mejor diseño deben identificarse durante el análisis del problema. Realmente, los criterios cambian muy poco de problema a problema; el costo de construcción o fabricación, la seguridad personal, la confiabilidad, la facilidad de manteni-

miento o conservación y otros semejantes se aplican casi en todos los casos. Pero lo que sí cambia significativamente es la importancia relativa de cada uno de estos criterios. De ahí que en la mayor parte de los problemas la tarea primordial del ingeniero con respecto a los criterios es conocer la importancia relativa asignada a varios de ellos por los funcionarios, clientes, ciudadanos y otras personas interesadas. Esta información es importante; el siguiente ejemplo ilustrará por qué. Supóngase que la seguridad personal ha de ser un criterio de gran peso en el diseño de un nuevo modelo de cortadora de césped rotatoria. Sabiendo esto, el proyectista o diseñador considerará un número mayor de diferentes materiales, mecanismos, tipos de cortadores, métodos de descarga, etc., que los que consideraría de ordinario en su investigación. Un criterio especialmente importante afectará a los tipos de soluciones que se destacan en la búsqueda de alternativas, y este hecho debe ser conocido antes que principio tal búsqueda.

**Utilización.** Si un río ha de ser cruzado en un punto determinado sólo en muy raras ocasiones, es obvio que un puente no será la solución que minimice el costo total (suma de los costos de diseño, de construcción y de utilización). Por otra parte, si millones de personas necesitan cruzar el río por dicho punto en cierto tiempo, un bote de remos no será el método preferible en lo que respecta al criterio de costo total. El número de veces que ha de repetirse la transformación asociada a un problema adquiere cierta importancia siempre que el costo *total* (suma del costo de llegar a una solución, del costo de crearla físicamente y del costo relacionado con su uso) sea el punto de interés. Y, ¿cuándo no es éste el caso? Recorremos el problema de los interruptores de tiras metálicas (pág. 14). El lector puede imaginarse qué tipo de métodos de fabricación se utilizarían si únicamente se necesitaran algunos clientes (en vez de muchos millones) de ellos.

Para que un ingeniero pueda resolver inteligentemente un problema, debe determinar primero la utilización o uso esperados, es decir, el grado en que ha de emplearse la solución, puesto que tal grado afecta fuertemente el tipo óptimo de ésta. En el problema de la máquina lavadora la utilización es de 1500 cargas de tamaño medio durante la vida o duración del aparato.

**Volumen de producción.** Supóngase que solamente van a construirse 10 máquinas lavadoras. En estas circunstancias el proyectista se preocupa poco de la facilidad de fabricación de su creación. Si se especificaron piezas o componentes no usuales de alto costo y se requieren métodos de fabricación

a mano, estas condiciones serán de poca importancia mientras la cantidad producida sea sólo de diez máquinas. Sin embargo, un número de 300,000 es una cosa diferente, pues en este caso el ingeniero estará fundamentalmente interesado en la forma en que los diversos diseños afecten el costo de manufatura. Tal número, que recibe el nombre de *volumen de producción*, tiene un efecto significativo en el tipo de solución que será óptima para el problema, y obviamente debe conocerse antes de comenzar la búsqueda de soluciones.

**Análisis del problema - forma general.** El análisis del problema comprende mucho trabajo de reunión y procesamiento de información. El resultado es una definición del problema, en detalle, como lo ilustran las Figs. 3 y 5, que se espera maximice las probabilidades de hallar una solución óptima.\* Ahora ya está uno listo para iniciar la búsqueda de tal solución.

### Ejercicios para el capítulo 9

1. Suponga que usted está diseñando lo siguiente:
  - a) Una enlatadora de legumbres.
  - b) Una estructura que cruce el canal de la Mancha.
  - c) Un cable telefónico submarino transoceánico.
  - d) Una planta de energía eléctrica que utilice carbón como combustible.

¿Cómo formularía usted cada uno de estos problemas? ¿Qué información concerniente a la entrada y a la salida reuniría durante su análisis de cada problema? En cada caso, enumere algunos de los principales criterios que usted crea que deben emplearse. Identifique las variables de solución más importantes en cada problema.

2. ¿Qué restricciones puede usted señalar en cada uno de los estudios de casos presentados en el capítulo 2?

### Ejercicios para los Capítulos 9 y 10

(Los siguientes problemas requieren tanto pensamiento creativo como definición del problema y, por consiguiente, son apropiados para éste y el siguiente capítulo.)

\* La nomenclatura del problema resumida en la Fig. 5 es adecuada para su experiencia inicial de diseño. Sin embargo, finalmente puede ser necesario un mayor rigor en el análisis del problema. Por lo tanto, en el Apéndice C se amplía el tema y se ofrecen métodos perfeccionados.

Entrada, con las variables de:  
 $I_1, I_2, I_3, \dots, I_N$   
 y estas limitaciones:  
 $I_j = 0$   
 $0 < I_2 < b$   
 $c \leq I_4 \leq d$   
 etc.

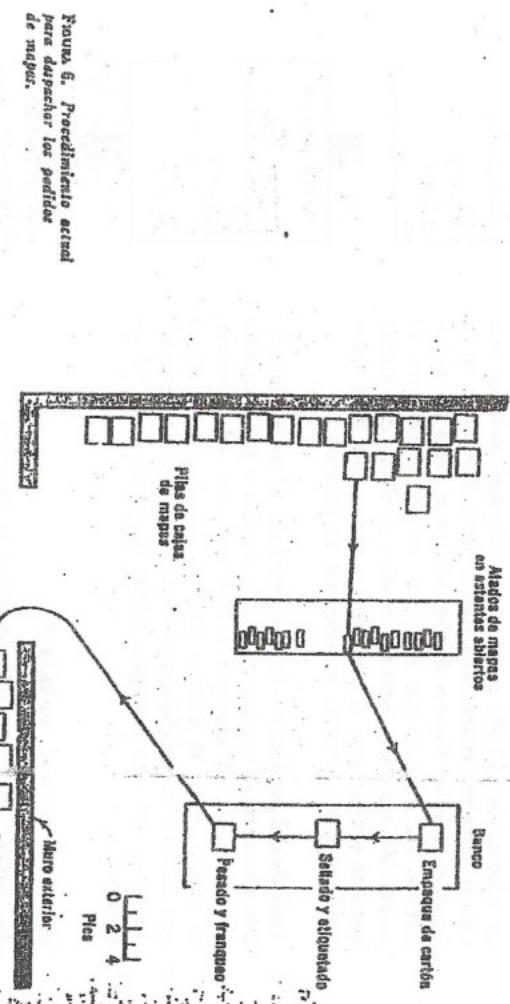
Variables de solución  
 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_N$   
 Con estas restricciones:  
 $S_1 \neq f$   
 $0 \leq S_3 < h$   
 etc.



Salida, con las variables de salida  
 $O_1, O_2, O_3, \dots, O_N$   
 y estas limitaciones:  
 $O_2 > j$   
 $O_3 < k$   
 etc.

Criterio = C  
 Uso = U  
 Volumen de producción = V

Figura 5. Resumen de los tipos de información que deben reunirse en el análisis de un problema. Las letras minúsculas representan los valores numéricos que se tienen en un problema real. Dada esta información sólo resta hallar la combinación de valores de  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_N$  que maximice a  $C$  y satisfaga todas las limitaciones y restricciones.



## 1.

Una parte de un gran almacén de una compañía petrolera está dedicada al almacenamiento, empaque y envío de mapas de carreteras a las estaciones de servicio para automobilistas. El procedimiento corriente está esquematizado en la Fig. 6. Los mapas almacenados se sacan de sus cajas (cada una tiene 8 paquetes de 25 mapas cada uno, o sea 200 en total), y una provisión limitada para cada estadio se apila en los estantes descubiertos. El empacador, con la nota de pedido en la mano, cumple la solicitud del cliente tomando la cantidad de mapas del tipo requerido de los estantes y acomodándolos en una caja de cartón sobre un banco. Una vez que surte el pedido, pasa la caja de cartón a la sección de pegado y marbelado, y efectúa estas operaciones. Luego pasa la caja o paquete a la sección siguiente para pesar el envío y ponerle el porte postal o franco correspondiente. A continuación lleva el paquete listo para su remisión al punto de embarque. Con este método, un pedido normal requiere en promedio un tiempo de 10 minutos para su terminación. El salario del empleado es de \$ 1.94 (dólares) la hora, y se despachan aproximadamente 13,000 pedidos al año.

Hay que tener en existencia doce mapas diferentes. Un análisis de los pedidos recibidos en un cierto período dio los resultados que se muestran en la tabla 1. Una estación de servicio no puede solicitar más de 500 mapas en un solo

pedido. Un análisis cuantitativo de los pedidos que se recibieron en un cierto lapso produjo los resultados de la tabla 2.

Como ingeniero encargado de mejorar este procedimiento, ¿qué recomendaría usted? (El proceso debe realizarse en la misma parte del almacén que se emplea ahora.) Dé usted una descripción adecuada de la disposición del local de trabajo, del procedimiento y del equipo que proponga. También describa la forma en que obtuvo su solución, incluyendo la formulación y el análisis del problema y las alternativas que consideró.

2. Las autoridades de una gran ciudad le han encargado a usted, en su carácter de ingeniero consultor, que elabore las especificaciones generales de un nuevo sistema de tránsito, de alta velocidad y gran capacidad, para interconectar las zonas central y suburbana. Esboce solamente las características generales de la proposición que presente.

3. En una clínica veterinaria se deben efectuar cierto número de operaciones en caballos, vacas y toros. Como bien puede imaginarse, el llevar uno de estos animales a una mesa de operaciones es un problema realmente difícil. Especifique las características generales de un dispositivo o sistema que usted recomienda para acostar (o tender de costado) a estos animales en la mesa de operaciones.

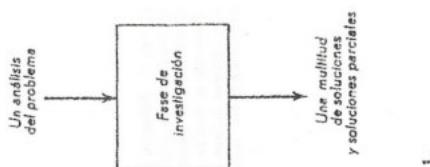
Tabla 2

Número de mapas solicitados en el pedido	Porcentaje de pedidos recibidos
0-50	7
51-100	11
101-150	18
151-200	26
201-250	13
251-300	10
301-350	6
351-400	3
401-450	4
451-500	2

Tabla 1

Típico de mapas solicitados en el pedido	Porcentaje de pedidos recibidos
1	3
2	3
3	3
4	5
5	8
6	16
7	19
8	16
9	8
10	4
11	3
12	1

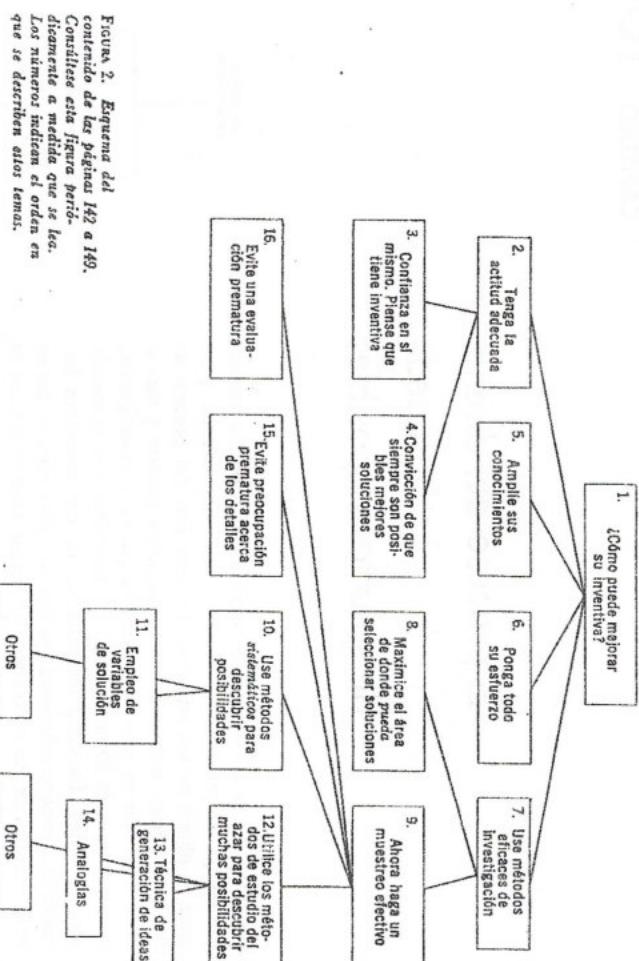
## El proceso del diseño: La búsqueda de soluciones posibles



PROBABLEMENTE AL lector se le ocurrirán soluciones a medida que define un problema, pero sólo como subproductos y no como el objeto de sus esfuerzos. En esta fase del proceso de diseño se buscan activamente las soluciones posibles y uno se lanza a lo que es una verdadera *búsqueda o investigación*, en la mente, en la literatura técnica y científica, y en el mundo que nos rodea. La vasta acumulación de conocimientos humanos proporciona soluciones "ya hechas" para algunas partes de la mayoría de los problemas. El buscar tales soluciones es un proceso relativamente directo, que consiste en explorar nuestra memoria, consultar libros, informes técnicos, y aplicar prácticas existentes. Pero hay una segunda gran fuente de soluciones: las propias ideas, que son producto del procedimiento llamado *inventión*. Hay que confiar en alto grado en el propio ingenio para resolver los diversos aspectos de problemas que no son cubiertos por el saber técnico y científico existente. Desafortunadamente, el inventar soluciones no es un procedimiento tan directo y controlable como el de buscar las soluciones hechas; lo anterior puede reconocerse en nuestra propia experiencia en la resolución de problemas: las ideas ordinariamente no se presentan de inmediato cuando uno las desea. En consecuencia, vale la pena dedicar especial atención a mejorar la capacidad inventiva de cada uno.

La inventiva es la facultad de una persona para inventar o idear soluciones valiosas. *La inventiva del lector* dependerá de su actitud mental, sus conocimientos, el esfuerzo que desarrolle, el método que emplee en la busca de ideas y de sus capacidades o aptitudes ( cualidades heredadas que influyen en su inventiva). Obsérvese que *uno mismo controla cuatro de estos cinco factores determinantes; por lo tanto, está dentro de nuestras facultades el mejorar nuestra capacidad inventiva*. Uno *puede* en cierto tiempo mejorar sus aptitudes y aumentar

FIGURA 1.



sus conocimientos. Asimismo, uno *puede* incrementar sus esfuerzos y mejorar notablemente el método de búsqueda de soluciones. Estas serán buenas noticias para todos aquellos que no son genios creativos de nacimiento, pues aunque la apititud personal no está bajo el control de cada uno de nosotros, esto puede compensarse por medio de los cuatro factores restantes, sobre los que si *puede* influirse. En las páginas siguientes se explicará cómo puede lograrse esto, lo cual se resume en forma esquemática en la Fig. 2.

**Mejoramiento de la inventiva. — La actitud correcta.** En primer lugar, uno debe creer que tiene la potencialidad de ser creativo. ¿Por qué tienen algunas personas notablemente más inventiva que otras? Quizás se piense que es porque nacieron así. Pero, ¿quién puede decir cuáles son las contribuciones relativas de los cinco factores determinantes en la actividad creativa de una persona en particular? Es imposible establecerlo. Una persona extraordinariamente creativa quizá deba sus cualidades no a que nació excepcionalmente dotada sino a que su actitud, conocimientos y métodos son generalmente buenos y a que trabaja con empeño. Puede ser que unas cuantas personas tengan cualidades extraordinarias debi-

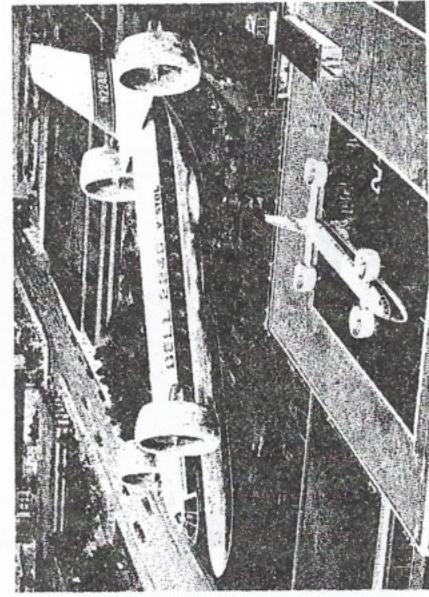
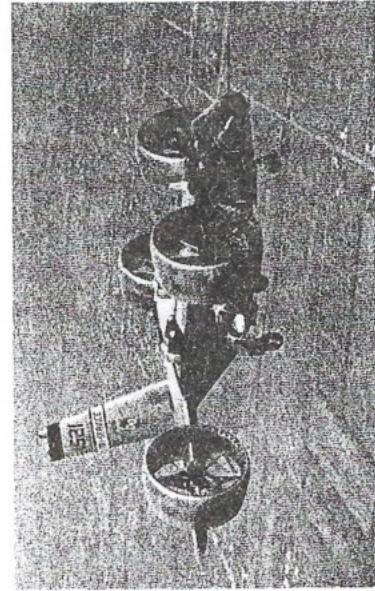
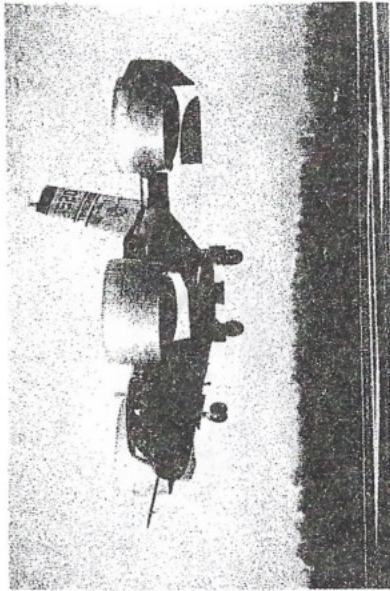
do a la herencia, pero también es cierto que todo el mundo hereda alguna *capacidad inventiva* y que *muy pocos explotan totalmente lo que tienen*. Es muy probable que, en este aspecto, uno en realidad no carezca de cierta inventiva natural. De manera que no debe preocuparnos si tenemos o no alguna aptitud especial para la inventión, sino más bien uno debe proponerse utilizar al máximo lo que tiene. Veámoslo de este modo: si uno da por seguro que no tiene aptitudes creativas, probablemente vivirá por debajo de sus posibilidades. Si nuestra actitud es positiva —o sea, si uno *sabe* que tiene potencialidades— entonces todo lo que hay que hacer es ¡utilizarlas!

Otro aspecto de este asunto de la actitud mental es un impulso permanente a hallar mejores soluciones. Raramente, si es que llega a suceder, se trabajará en un proyecto de ingeniería en el que puedan determinarse todas las soluciones. Con frecuencia el tiempo disponible se termina antes de que se acaben las posibilidades. El ingeniero consultor que ideó un sistema de manipulación de equipajes para una terminal de aerotransporte, halló una variedad de métodos para transportar el equipaje de los pasajeros, numerosos sistemas de clasificación y muchos sistemas de reparto. Finalmente terminó su búsqueda porque otros problemas esperaban su atención, no porque hubiera agotado todas las posibilidades. Ni tampoco creyó en ningún momento, durante el proyecto, que hubiese pensado en todas soluciones. Un ingeniero creativo, no intelectualmente, que quedaran sin ser descubiertas muchas y mejores soluciones. No sólo supondrá que existen, sino que tratará de hallarlas en tanto el tiempo lo permita.

El primer paso, entonces, para llegar a tener mayor inventiva es desarrollar una actitud positiva hacia "la posibilidad de que uno pueda encontrar mejores soluciones a cualquier problema que ataque". Cada vez que se determine una nueva solución, dispóngase a encontrar una mejor, y continúese así hasta que se vea uno obligado a desistir debido a una fecha límite para el proyecto, o a la presión de otros problemas que necesiten su atención.

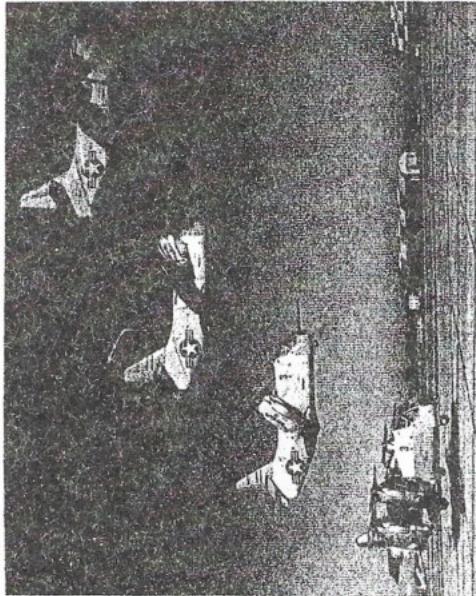
**Mejoramiento de la inventiva. — Ampliación de los conocimientos.** Cuando se tiene una idea se combinan dos o más porciones del conocimiento en una forma nueva para uno. Se trata de una reorganización de los conocimientos; una idea no viene de la nada. Por lo tanto, cuanto mayor sea nuestro caudal de conocimientos, mayor será la cantidad de materia prima de que podrá disponerse para producir soluciones. Además, cuanto mayor sea el número de materias que

Hélice en ducto



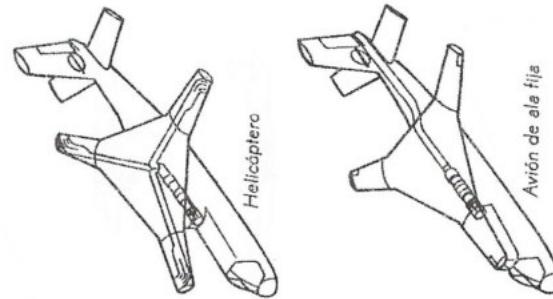
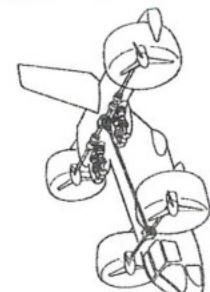
(Cortesía de Textron's Bell Aerospaces Co.)

Alas inclinables



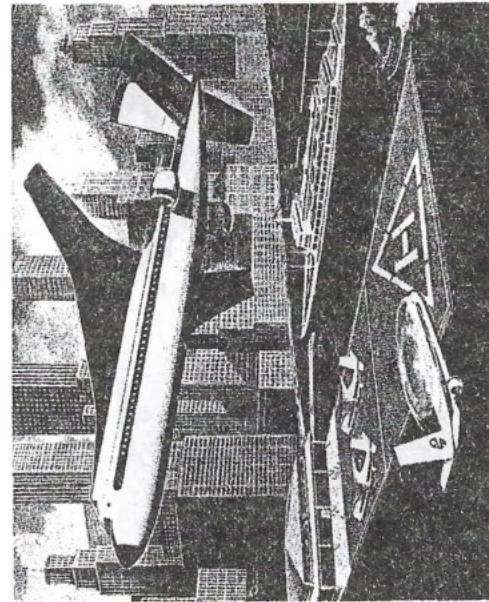
(Cortesía de Ling-Temco-Vought, Inc.)

FIGURA 3.



Alas rotatorias

FIGURA 4.

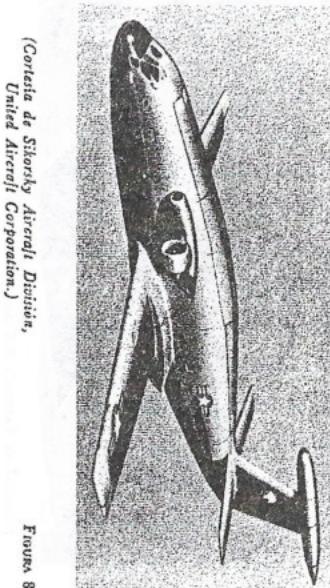
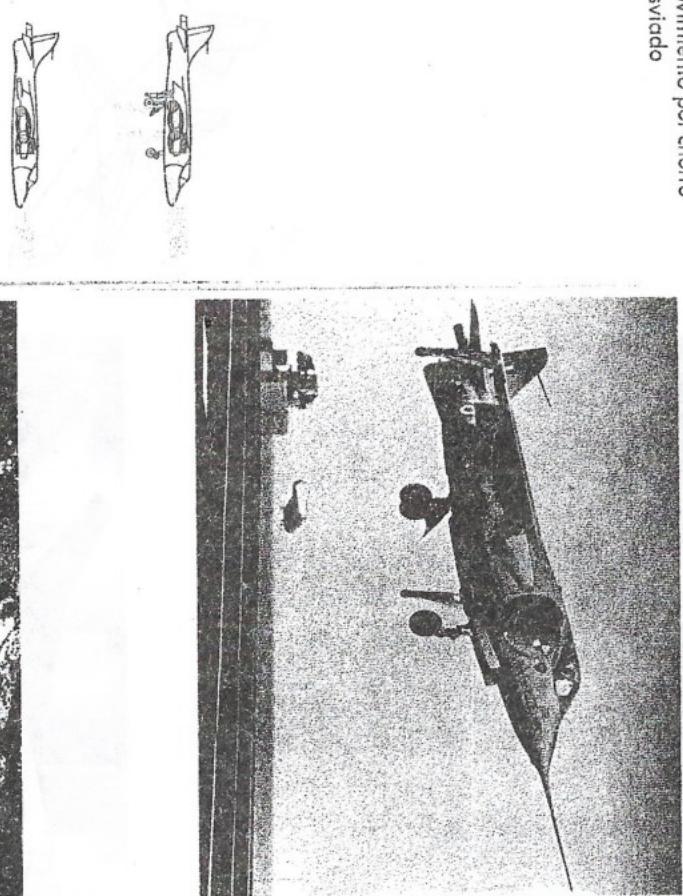
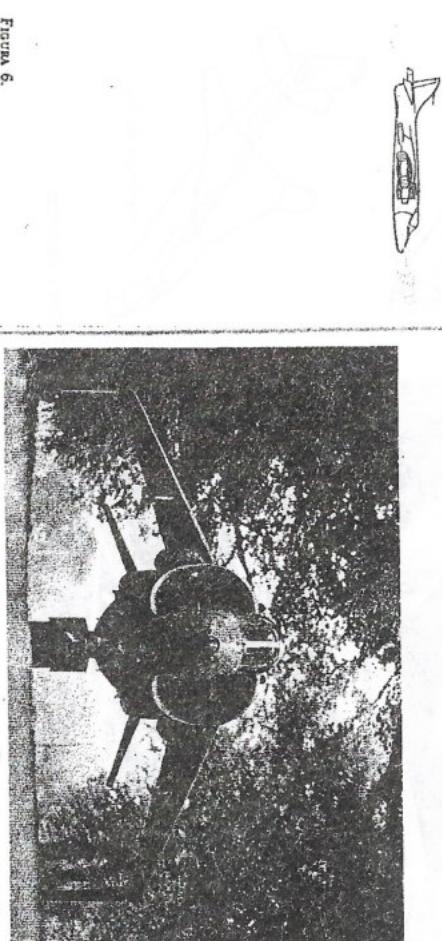


(Cortesía de Hughes Tool Co.)

Avión de ala fija

FIGURA 3. A propósito de soluciones posibles! Además del familiar Helicóptero y del aeroplano descripto en la página 32, los diseños de aviones VTOL que se muestran en ésta y en las siguientes páginas también están en estudio para usos militares y comerciales. La historia es la misma que para casi todo problema de ingeniería: más y más posibilidades. Es difícil librarse de ellas. Esta paradoja de alternativas posibles tiene por objeto despertar la "conciencia" de las soluciones alternativas del lector. (Incidencialmente diremos que aún hay otros diseños de aeronaves VTOL en estudio.)

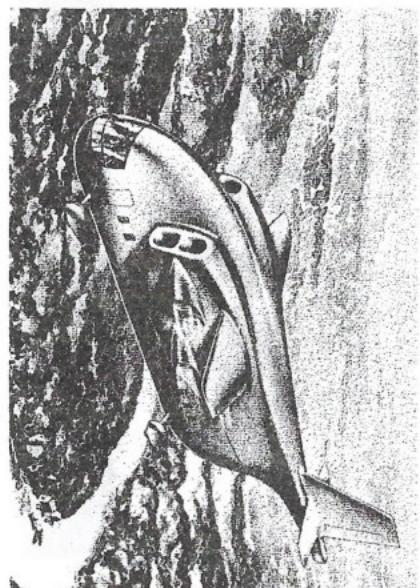
Movimiento por chorro  
desviado



Rotores ocultables

(Cortesía de Sikorsky Aircraft Division,  
United Aircraft Corporation.)

Figura 8.



(Cortesía de Hawker Siddeley Aviation Lim.)

Figura 7.

Avión de movimiento por  
chorro desviable  
("El cerdo volador")

## IC. DISCUSSION DES SOLUTIONS PROPOSÉES

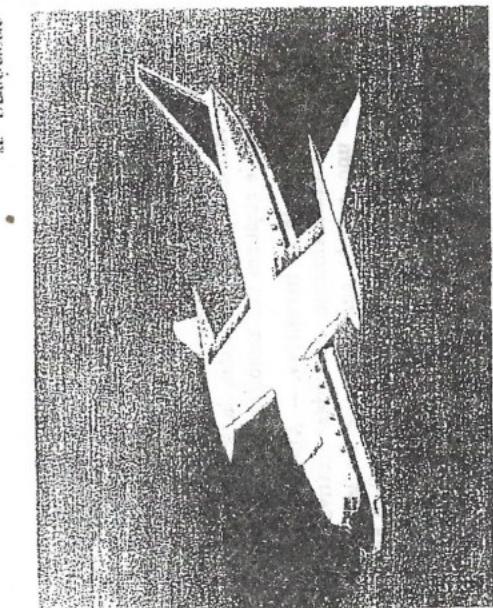


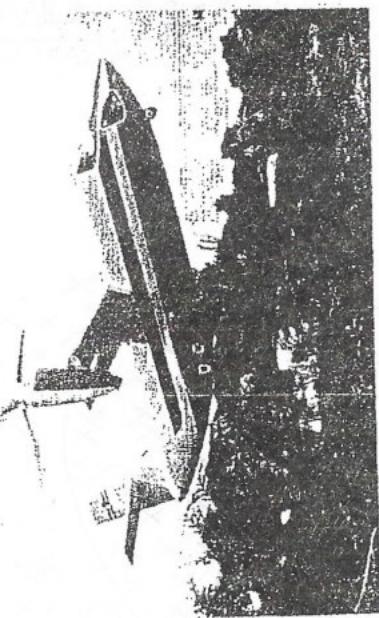
FIGURE 4.

Conseil à l'impulsion sup. Inv.

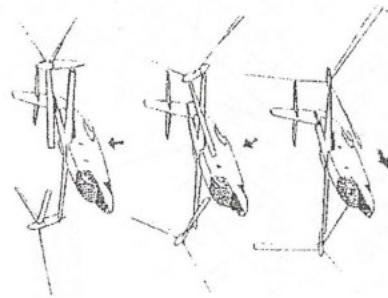
Fig.

Caténaire de l'extremité G.G.

FIGURE 5.



### Réacteurs inclinables



4. E. el processus de décollage

Moteur: dr. extrême  
dr. ar. et vainc

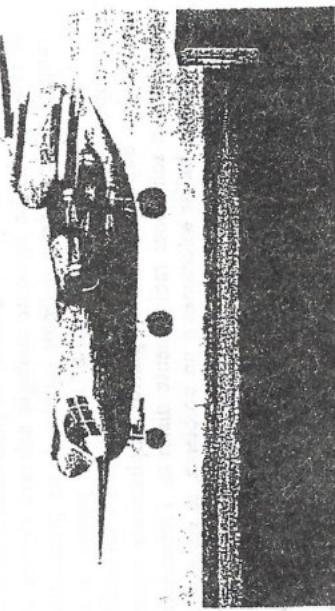
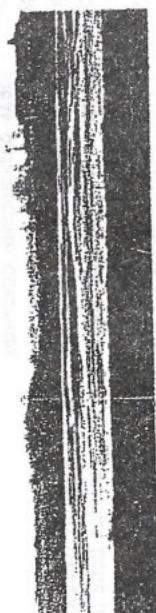


FIGURE 7.

Conseil à l'impulsion sup. Inv.

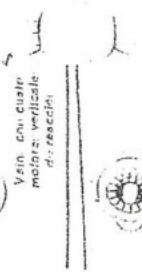
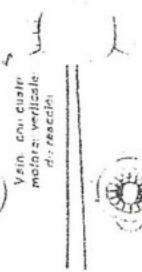
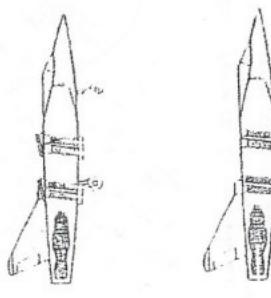
FIGURE 8.

Moteurs en fuselage  
verticales



Conseil de au nom Maurice Bantam.

FIGURE 10.



abarquen tales conocimientos; mejores serán las posibilidades de lograr ideas notables que sean también particularmente efectivas (lo cual es una de las diversas razones para ampliar nuestro conocimiento).

La escuela no es la única fuente de tales conocimientos; las observaciones, la conversación, la lectura y otras formas de aprendizaje comunes son también muy importantes.

**Mejoramiento de la inventiva.** — Aplicación de mayor esfuerzo. — Ocasionalmente una idea creativa se le puede ocurrir a uno, cuando aparentemente no se pensaba ni se tenía en cuenta un problema en particular. Pero hay una gran diferencia entre un estúpido chispazo de ingenio y la producción constante y obligada de ideas y más ideas, para resolver un problema determinado en el tiempo disponible. Este tipo de productividad requiere esfuerzo; difícilmente podrían llamarse muchas personas realmente creadoras que no sean también trabajadores de gran actividad. De ahí que para maximizar nuestra inventiva uno tenga que estar dispuesto a realizar un gran trabajo.

**Mejoramiento de la inventiva.** — Empleo de métodos eficaces de búsqueda. — Es conveniente que se dedique cuidadosa atención al método de buscar soluciones. Esto se entenderá bien después de darse uno cuenta de lo que se está inclinado a hacer en la resolución de problemas si no se atiende este aspecto. La siguiente analogía aclara aún algunas de las trampas, dificultades y defectos usuales de un procedimiento.

Considerense las X de la Fig. 13, con o puntos del espacio, suponiendo que cada uno es una solución a un problema particular. Supóngase que los puntos amilatamente separados representan soluciones radicalmente distintas. Probablemente, al tratar de hallar soluciones a un problema, se empezaría en algún punto de este espacio y se avanzaría después progresivamente hacia mejores soluciones, hasta que un límite de tiempo o perfección diera por terminada la búsqueda. Las limitaciones de la mente impiden este eficaz procedimiento. De hecho, el proceso de indagación es ordinariamente de tanteo y adolece de grados de regresión, ineficiencia y falta de dirección objetables.

Muy a menudo se parte de la solución actual, el punto S de la Fig. 13, y se basa de un punto (o idea) a otro en la forma indicada por la trayectoria de las flechas. Obsérvese que los saltos tienden a ser relativamente pequeños, de modo que las ideas se acumulan indeseablemente alrededor de la solución actual. ¿Por qué las soluciones alternativas tienden a asemejarse a la(s) forma(s) actuales(es) de resolver

Una razón podría ser que no se pone suficiente empeño. Otra posibilidad es que, en realidad, se buscan sólo modificaciones de la solución presente, en vez de una variedad de ideas básicamente diferentes.

Es muy posible también que aun si uno está trabajando arduamente, el pensamiento siga un camino trillado debido a que la solución acostumbrada a un problema tiene un poder natural de atracción, en especial si dicha solución tiene un uso de largo tiempo, o si uno está intimamente familiarizado con ella. Después que uno ha "vivido" con determinada solución durante cierto tiempo, ésta llega a convertirse en un obstáculo formidable para el pensamiento creativo. Tal familiarización conduce a una inflexibilidad y limitación de pensamiento que origina la acumulación mostrada en la Fig. 13.

En el mundo abundan los ejemplos: uno muy ilustrativo se

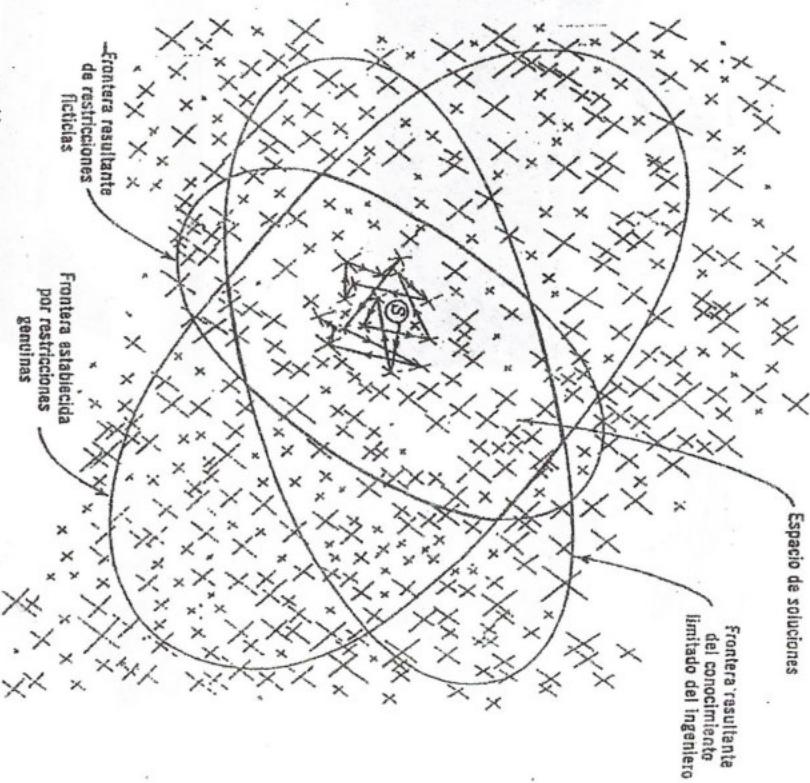


FIGURA 13. La trayectoria con las flechas representa al modo en que se suele buscar una nueva solución a un problema (a menor que sea una indicación extraordinaria o se demande una cuidadosa atención al método de búsqueda). (Las fronteras del espacio de soluciones se explicarán más tarde.)



solución con que el ser humano estaba familiarizado era el movimiento de las alas de aves e insectos. Casi inevitablemente trataron de volar empleando todo tipo de sistemas "voladores" alados que no tuvieron éxito, y a menudo resultaron desastrosos. Con el transcurso del tiempo la humanidad liberó de posibilidades, y b) emplear métodos que dirijan al azar sus pensamientos de la "influencia avasalladora" de lo familiar. Otra causa de la acumulación de ideas es la tendencia a ser conservador, pues se siente gran seguridad al apegarse uno a procedimientos que han sobrevivido a muchos años.

Este hecho, junto con la suposición frecuente de que grandes inversiones en la búsqueda de soluciones son inútiles o están prohibidas, le impulsa a uno a conformarse con una solución similar a la existente.

Estas y otras tendencias nocivas inhiben la capacidad de inventar a menos que se tomen medidas para reducir al mismo sus efectos. A continuación veremos las medidas con las que se puede maximizar el número y el valor de las soluciones alternativas que pudieran idearse para resolver un problema determinado. Son aspectos de método que ayudan a utilizar el máximo del potencial inventivo. (Se recomienda no dejar de relacionar el texto con el esquema de la pág. 142).

*En primer lugar, maximízese el número y la variedad de las soluciones de las que pueda seleccionarse la que se busca.*

Lo anterior se logra ampliando las fronteras (Fig. 13), que son establecidas por:

- Restricciones genuinas.—Es decir, algunas soluciones realmente están fuera de los límites.
- Conocimientos limitados.—Nuestro acervo mental de hechos, a partir de los cuales se obtienen las ideas, abarca sólo una fracción de todo el conocimiento.
- Restricciones ficticias.—Injustificada y quizás inadvertidamente se descartan algunas soluciones valiosas. En la mayoría de los casos éste es el más restrictivo de los tres tipos de fronteras.

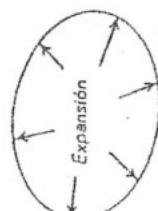


FIGURA 14.

Amplíense los límites; elimíñense las restricciones ficticias, depúrense las restricciones reales y compleméntense los conocimientos correspondientes al problema particular que se considere.

*Luego aproávichéese en su totalidad el espacio de soluciones ampliado; búsquese en el efectivamente.* Para lograr lo anterior hay que explorar todas las áreas de posibilidades que fundadamente puede suponerse contienen la solución óptima, y no sólo la región que rodea inmediatamente la solución presente. A menos que uno sea un individuo excepcional, para

que sirvan para guiar la búsqueda en áreas provechosas de posibilidades que de otro modo podrían pasar inadvertidas.

Para este objeto se recomiendan dos tipos de medidas: a) utilizar un sistema para dirigir la búsqueda en muchas áreas desastrosas. Con el transcurso del tiempo la humanidad liberó de posibilidades, y b) emplear métodos que dirijan al azar la búsqueda o la indagación. Ambos procedimientos son convenientes.

Métodos para introducir un sistema en la búsqueda. Un método excelente para lograr tener un sistema es concentrarnos en las variables de solución, considerando una cada vez.

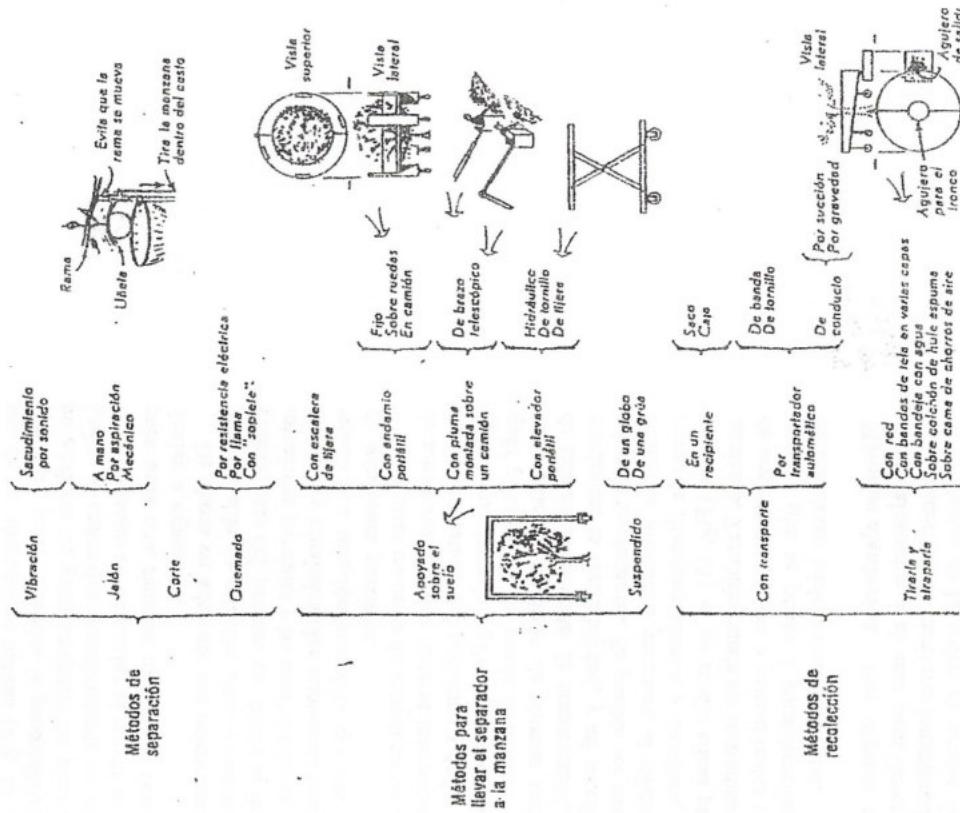


FIGURA 15. Página del cuaderno de apuntes del ingeniero, que muestra algunas de las soluciones parciales alternativas que creó para el problema de establecer un sistema para cada variable de influencia principal clásico, así como en forma de un árbol de alternativas. El empleo de variabiles de solución para sistematizar la búsqueda puede ser muy benéfico; se recomienda emplearlo con frecuencia.

vez y tratando de crear muchas posibilidades para cada una. Por ejemplo, un ingeniero encargado de diseñar un sistema mejorado de recolección de manzanas identificó tales variables de solución como el método para separar la fruta del árbol, los medios de acercar el separador a las manzanas, el método para reunir las frutas ya cortadas, la fuente de energía, etc. A medida que él se concentraba en la variable de solución "método de separación", buscó primero métodos básicos de separación y luego versiones específicas de cada una de las alternativas básicas (Fig. 15). Esta es una práctica excelente, pues minimiza la probabilidad de que el ingeniero no advierta un gran conjunto de prometedoras posibilidades. Luego se concentró sucesivamente en otras variables de solución, tratando de acumular el mayor número de posibilidades para cada una, siempre trabajando desde lo general a lo particular o específico.

De ahora en adelante nos referiremos a las alternativas de una variable de solución como *soluciones parciales*. En la siguiente fase del proceso de diseño el ingeniero evaluará estas soluciones parciales y las combinaciones de ellas, quizás recombinando y revaluándolas numerosas veces, hasta que haya obtenido una solución completa que sea la mejor combinación de soluciones parciales.

Hay otras maneras de introducir un sistema en la búsqueda de soluciones. Pueden hacerse interrogaciones acerca de diversas características del problema y de las soluciones producidas. (¿Por qué hacerlo? ¿Por qué hacerlo de este modo? ¿Por qué? ¿Por qué?) Se puede concentrar uno metódicamente en cada criterio, tratando de obtener todas las formas posibles de combinar soluciones parciales, al solicitar sugerencias, al examinar la literatura técnica y científica, etc. El árbol de alternativas (Fig. 15) es un medio eficaz para sistematizar el pensamiento. También puede ser conveniente cualquier otra forma de organizar las ideas o pensamientos y las investigaciones de manera que se ponga a consideración una amplia variedad de soluciones básicamente diferentes.

**Métodos aleatorios.** Hay algunos métodos predominantemente aleatorios o al azar para llevar la mente a lo que de otra manera sería territorio inexplorado. Un ejemplo notable es la *técnica de la sesión de acopio de ideas* que consiste en lo siguiente: Una media docena de personas aproximadamente se reúnen para producir soluciones a un problema. El director

participantes proporcionan ideas que son anotadas en un pizarro. El propósito es acumular muchas ideas creando una atmósfera que incite a cada uno a aportar todas las que le vengan a la mente, sin que importe cuán absurdas puedan parecer de momento. La evaluación y la ridiculización están prohibidas. Después de cierta experiencia con esta técnica, el grupo podrá lograr una fácil afluencia de ideas que proporcionen un sorprendente número y variedad de soluciones. Una razón por la que esta técnica es frecuentemente muy fructífera es que el rápido flujo de ideas repetidamente dirige los pensamientos de cada participante por diferentes canales. En función del modelo (Fig. 3), la mente de cada persona actúa o trabaja en el espacio de soluciones en forma aleatoria o al azar, obligando a dar "grandes saltos" hasta puntos distintos y combatiendo así la tendencia al amontonamiento o acumulación alrededor de un punto. Es elevada la probabilidad de que algunas de estas excursiones lleguen a zonas de bastante provecho.

Si en un proyecto particular no interviene directamente un número suficiente de ingenieros para poder efectuar una sesión de acopio de ideas, podrán llamarle otros que estén en diferentes proyectos para que en una reunión de una hora aproximadamente aporten sus ideas mediante este procedimiento. Lo anterior puede ser muy ventajoso, puesto que un proyecto puede aprovechar las opiniones de un gran número de ingenieros sin quitarles demasiado tiempo.

Las analogías proporcionan otros medios al azar para dirigir nuestros pensamientos por nuevos caminos. El examen de las soluciones de problemas análogos puede ser fructífero. Por ejemplo, si el problema se refiere a la propulsión de un vehículo bajo el agua, podríamos considerar cómo se desplazan los peces, cómo los insectos se mueven a través del agua o por el aire, cómo las lombrices se mueven a través del suelo, y la forma en que las máquinas voladoras hechas por el hombre son propulsadas en el aire. Ejercicios mentales de este tipo suelen conducir "por el azar" a provechosas posibilidades.

**Terminación prematura de la búsqueda.** Hay una tendencia a suspender la busca de soluciones antes de que sea necesario o deseable hacerlo. Lo anterior es probable que suceda si prematuramente se encarga uno de los detalles o de la evaluación de las soluciones. Por consiguiente:

No hay que enfocarse en los detalles antes de lo necesario. Supóngase que se empieza por considerar los detalles de la primera idea "buena" que se tiene. Para todos los

aquí, y se estará dedicando tiempo a los detalles cuando se deberían buscar otras soluciones básicamente distintas. Además, la preocupación en los detalles de una solución dificulta severamente la capacidad de pensar en otras soluciones totalmente diferentes. Asimismo, si uno cae presa de esta tentación y posteriormente se descubre una solución mejor, probablemente en forma injustificada quedará uno predisposto en favor de la solución en la que ya se ha invertido tanto tiempo en los detalles (y no se piense que *no se es culpable de esto!*). Finalmente, muchas alternativas pueden evaluarse, satisfactoriamente mientras se hallan todavía en un estado de especificación relativamente burdo; puesto que la mayoría de ellas serán rechazadas, ¿por qué desperdiciar tiempo en sus detalles?

En consecuencia, pospongase éstos hasta que lleguen a ser necesarios para los fines de tomar una decisión. De hecho, es mejor formar sólo conceptos de solución en esta fase del proceso de diseño. (Un *concepto de solución* es la esencia, el espíritu o la naturaleza general de una solución particular. Su forma puede ser un croquis, unas cuantas palabras, una frase o dos. Así, pues, las ideas mostradas en la pág. 153 son conceptos de solución parciales.)

Evítese la evaluación prematura; dicen los mismos efectos nocivos que la preocupación prematura en los detalles. Esta es la fase de *búsqueda* del proceso de diseño; está seguida por la fase de *decisión*, en la que predomina la evaluación de alternativas. Por lo tanto, las ideas no deberán quedar sin evaluación, pero no podrán descubrirse buenas ideas si uno se preocupa en la evaluación cuando se debían estar buscando mejores soluciones.

No hay que apresurarse a juzgar las posibilidades. La mayor parte de nosotros tiene tendencia a descartar ideas que cuando se nos ocurrieron parecían ridículas, inutiles o desventajosas. De este modo dejaremos a un lado algunas valiosas posibilidades. ¿Por qué tal prisión? Lo que no parece factible ahora podría muy bien llegar a convertirse en una gran idea, de manera que conviene tener la mente abierta. En esta etapa hay que considerar toda idea como candidato a una evaluación posterior.

Esta descripción de las técnicas para mejorar la inventiva debe bastar para que el lector se convenza de que hay medidas útiles o constructivas que pueden tomarse. Las que se han expuesto son sólo una muestra, pues ciertamente hay otras. El autor espera que el lector dedicará tiempo a explorar toda la literatura técnica y científica sobre esta materia y que aprenderá otros enfoques.

Ahora es oportuno revisar la página 142. Cerciorarse de que se ha entendido la importancia de las frases claves del diagrama y reténgase el cuadro en la mente.

Quizás en alguna parte de esta exposición el lector ya se haya preguntado: "¿Cuándo debemos detenernos y concentrarnos en la evaluación de las posibilidades que hemos acumulado?" Esta es una buena pregunta. El idealista podría contestar: "Cuando se haya encontrado la solución óptima". Pero esto podría tomar varios años, y además es bastante difícil saber si se tiene tal solución. El pragmático contestaría: "Cuando lo dicte mi límite de tiempo, o bien, si es cuestión mía, usare mi criterio para decidir cuando haya alcanzado un punto de ganancia o utilidad decreciente". El autor está de acuerdo con este último. Como tenemos que emplear nuestro criterio; se producirán diferencias de opinión y de normas de procedimiento. Para ilustrar los extremos y ayudar a aclarar las ideas se propone esta cuestión: ¿Qué sería preferible, tener más alternativas de donde escoger pero menos tiempo para evaluarlas, a riesgo de no poder seleccionar la mejor, o bien dedicar más tiempo a evaluar exhaustivamente menos soluciones y, por lo tanto, estar seguros de haber elegido lo mejor de esta muestra más pequeña?

### UNA SUPLICA DE ORIGINALIDAD

En la ingeniería hay una enorme necesidad de pensadores más originales (y en todos los campos también). Hay demasiadas soluciones que son el producto de manuales o de prácticas tradicionales que no tienen más virtud que su longevidad. Muy pocas soluciones provienen de un pensamiento verdaderamente original. La inercia hace que se perpetúe una multitud de soluciones deficientes en el mundo que nos rodea, dejando grandes oportunidades para el solucionador de problemas que confía intensamente en su propia inventiva.

Las soluciones tenderían a ser poco imaginativas si se confía demasiado en el conjunto de soluciones "en existencia" o rutinarias que se han acumulado en el curso de los años. El recurrir a esta fuente es tentador, pues es un camino de mínima resistencia y proporciona soluciones en las que puede tenerse una confianza razonable. En general, cuanto más se acerque a una rama especializada del conocimiento, será mayor el número de soluciones rutinarias con que se estará familiarizado y tanto más fácil será confiar excesivamente en la fuente de soluciones de rutina. Un estudiante que se enfrenta a un problema de diseño en un campo del que sabe muy poco se dirá: "¿Cómo puedo resolver entonces este problema? No sé nada acerca de este asunto." Escasamente se

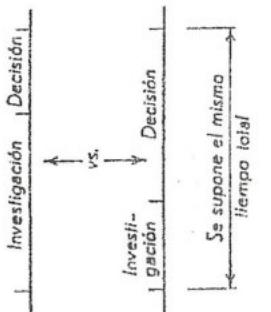


Figura 16.

dará cuenta de que su ignorancia es un factor importante a su favor, por lo que respecta a la originalidad. Es muy probable que proponga algunos diseños con mucha imaginación simplemente porque se ve obligado a hacerlo; conoce pocas o ninguna de las soluciones acostumbradas y, por lo tanto, no recurrirá a ellas.

Ahora bien, lo anterior no significa que nunca se deban utilizar los manuales o que los conocimientos muy especializados sean nocivos. Más bien lo importante es esto: recurrir al acervo de soluciones de rutina y a la propia capacidad para crear soluciones originales; ambas pueden ser de gran ayuda. El artificio consiste en ser creativo a pesar de los conocimientos técnicos especializados de uno, sin los cuales no podría avanzarse en la ingeniería moderna.

Quienes emplean a los ingenieros están vitamente interesados en su desempeño, pues no contratarían a nadie que fuera sólo un almacén ambulante de conocimientos reales. Ellos desean gente que los ponga en práctica, para crear dispositivos, estructuras y procesos útiles. Se menciona lo anterior en parte porque en ocasiones, durante la asistencia a la escuela de ingeniería, puede tenerse la impresión de que la originalidad no será necesaria ni apreciada. Aunque esto puede ser cierto en algunas asignaturas, no suele ser el caso del mundo real. El hecho de que haya amplias oportunidades de ejercitarse los poderes creativos y de hacer portaciones originales debe ser una buena noticia, pues muchos de los lectores considerarán este aspecto de la ingeniería como la parte más satisfactoria de su trabajo.

### Ejercicios

1. Se ha pedido anteriormente más originalidad en las soluciones. Iníciense la formación de un "registro" de ejemplos de lo que usted cree son soluciones especialmente originales a problemas de ingeniería. (Júquense desviaciones radicales de todo lo que ha sido tradicional durante largo tiempo; por ejemplo, el "dispositivo de bola reboladora" de la máquina de escribir Selectric de la IBM.)

2. Con un grupo de estudiantes (de preferencia de 8 a 10), originense tantas soluciones como sea posible en una sesión de acopio de ideas de 20 minutos para uno de los siguientes problemas. Uno de los participantes debe anotar

a) Formas de obtener más ideas.  
b) Nuevas aplicaciones de acumuladores o baterías recargables. / Página intera 158

c) Ideas de productos y servicios para el desarrollo industrial de una comunidad subdesarrollada. (El profesor proporcionará información general acerca de la comunidad y sus recursos.)

d) El problema de las "arenas que se mueven" en las carreteras que cruzan desiertos.

e) Innovaciones en la construcción de edificios residenciales.

f) El problema del "acceso equivocado" en las carreteras dobles (un sistema "a prueba de topes" para impedir que algunos automovilistas entren a una carretera por un paso de salida).

3. Para uno de los siguientes problemas identifique las variables de solución principales; luego origine tantas soluciones parciales como pueda para cada variable. Presentelas en forma de árboles de alternativas.
- El problema del cruce del canal de la Mancha.
  - Un reloj despertador para sordos.
  - Un sistema de comunicación transoceánica.
  - La retirada de la nieve de las calles de una ciudad.
  - El diseño de una máquina de escribir.

### Proyectos

- Una firma de ingenieros consultores ha recibido una idea de una compañía constructora de barcos que piensa introducir al mercado una flota de submarinos de carga sin tripulación, guiados automáticamente. La compañía cree que la idea es prometedora y ha encargado a la firma consultora que prosiga su exploración. Los consultores han de proporcionar una descripción general del sistema que idean. Por el momento no se requieren especificaciones detalladas. Supóngase que usted es el ingeniero consultor a quien se encargó elaborar el informe.
- Las tiras metálicas (pág. 15) se deslizan por un conductor que va desde el dispositivo alimentador hasta el mecanismo de posición final. Cuando salen del alimentador están orientadas al azar, pero tienen que "embobinar" en el punto de montaje. Por lo tanto, hay que intercalar un dispositivo orientador entre el alimentador y el mecanismo de posición. Diseñe uno. (Las dimensiones de las tiras son aproximadamente de  $1\frac{1}{8} \times \frac{1}{16} \times \frac{1}{20}$  plg.)
- El grupo de los funcionarios administrativos de una universidad diseña un mejor sistema para estacionar automóviles.

el pasaje, tener capacidad para un 25 por ciento más de autos y no debe requerir que miembro alguno del personal directivo estacione su auto a más de 100 metros de su sitio de trabajo. La junta y la administración están convencidos de que "mucho puede hacerse con un poco de dinero y algo de imaginación creadora".

## El proceso de diseño: La fase de decisión

EN LA FASE de búsqueda se amplía el número y la variedad de las soluciones posibles, como lo indica la parte superior de la Fig. 1. Lo que se necesita ahora es un procedimiento de eliminación que reduzca estas alternativas a la solución preferible, el cual se representa en la Fig. 1 y se describe en este capítulo.

Inicialmente, las soluciones elegibles se expresan sólo en términos generales, quizás con palabras o croquis. Después que hayan sido eliminadas las alternativas obviamente deficientes o de inferior calidad, con frecuencia por procedimientos de evaluación relativamente rápidos y burdos, se añaden más detalles a las posibilidades restantes, las que se evaluarán mediante métodos más refinados. Este proceso de depuración en varias etapas continuará hasta que surja la solución preferible. A medida que se avanza se evalúan diferentes combinaciones de soluciones parciales para determinar la óptima.

**El montador de llantas neumáticas.** — Estudio de un caso. Un fabricante de autos había estado utilizando por algún tiempo una máquina relativamente costosa para montar las llantas en las ruedas de los automóviles antes del montaje final. Debido a un aumento en el número de montajes que había que efectuar, se pidió a un ingeniero hacer algo para incrementar la rapidez de la máquina. El resultado de su trabajo fue un dispositivo nuevo y mucho más sencillo (Fig. 2). Antes que él propusiera el aparato a la dirección de la empresa, efectuó una completa investigación y la comparación de su dispositivo y el existente. Los resultados se pueden ver en la Fig. 3, que muestra los criterios sobre los que basó su decisión, el valor monetario de las alternativas con respecto a dichos criterios y el resumen tabular que realizó para facilitar la comparación. Este caso es extraordinario en el sentido

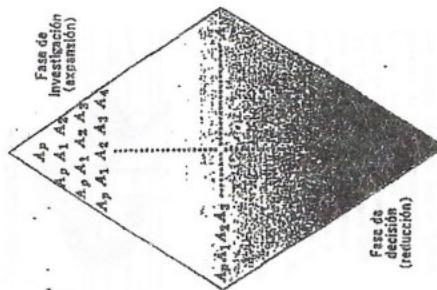


FIGURA 1. *Modelo de la fase de búsqueda y evaluación del proceso de diseño. Cada símbolo A representa una alternativa o solución parcial.*



FIGURA 2. a) Las bortas se levantan para facilitar su desplazamiento sobre el eje de la rueda. La llanta se coloca sobre la rueda a un ángulo de 30° proximamente con respecto al eje, al acercarse al transversal o arrastreador del montacarriles. b) Al medida que la llanta pasa sobre la barra, es sujetada o dar vueltas alrededor de la rueda en el transversal. Las ruedas son las únicas piezas óptimas para soportar los bordes de la llanta para centrar sobre la rueda. c) El radio de la llanta es fijado por la barra transversal. Quedar colocado sobre el eje la rueda.

FIGURA 2. a) Las bortas se levantan para facilitar su desplazamiento sobre el eje de la rueda. La llanta se coloca sobre la rueda a un ángulo de 30° proximamente con respecto al eje, al acercarse al transversal o arrastreador del montacarriles. b) Al medida que la llanta pasa sobre la barra, es sujetada o dar vueltas alrededor de la rueda en el transversal. Las ruedas son las únicas piezas óptimas para soportar los bordes de la llanta para centrar sobre la rueda. c) El radio de la llanta es fijado por la barra transversal. Quedar colocado sobre el eje la rueda.

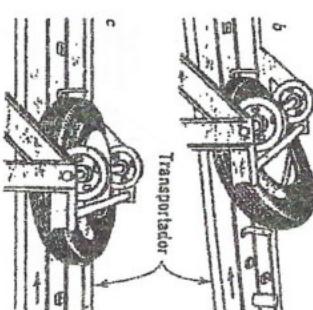


FIGURA 3. Esta es una página del informe final del ingeniero, en que se compara el funcionamiento de su dispositivo J con el dispositivo usado actualmente. El ingeniero predice que se necesitarán 750 dólares para construir, instalar y afinar su monóxido. Los costos de mantenimiento, etc., también se han predicho para los cinco años en que el ingeniero espera que su máquina sea necesaria. Ha reunido datos de cuatro equivalentes para el operario existente y reunido estos costos en la tabla (en la parte inferior de ella) en forma de sus relaciones a la inversión de los 750 dólares. Es evidente por qué ha fácilmente aceptado el dispositivo propuesto.

de que sólo comprende dos alternativas principales, pero su naturaleza poco complicada lo convierte en una fuente excelente de ejemplos para la descripción que sigue.

**El proceso general de toma de decisiones.** Aunque los aspectos específicos varían de un caso a otro, en casi todo problema hay que dar los cuatro pasos siguientes antes de que pueda llegar a una inteligente decisión de diseño: 1) seleccionar los criterios y determinar su importancia relativa; 2) predecir el funcionamiento de las soluciones alternativas con respecto a tales criterios; 3) comparar las alternativas sobre la base de los funcionamientos predichos y 4) hacer una elección.

1. Por lo general, el criterio predominante es la razón beneficio a costo, que es la utilidad esperada (en unidades monetarias) de una solución con relación al costo de crearla. En el caso del montador de llantas el beneficio es el ahorro en gastos de operación producido por la máquina propuesta. El costo es el gasto total debido a su construcción e instalación. En el caso de una prensa o embalaje hidráulico la razón beneficio a costo sería:

Ingresos por la energía generada + ganancias por la conservación forestal + beneficios por la creación de sitios de recreo

Costo del terreno + costo de la construcción + gastos de operación + indemnizaciones por perjuicios a las personas desalojadas.

El saber que una cierta máquina reducirá sus costos de recolección en  $X$  dólares por año no significa irá mucho para un fruticultor hasta que conozca el costo de la máquina. Los causantes de impuestos se interesan en algo más que los beneficios que se derivan de un proyecto de obras públicas propuesto; desean saber también cuánto irá a costarles su realización. Los inversionistas de cada uno de estos ejemplos desean la máxima ganancia para su dinero, es decir, maximizar la razón beneficio a costo. Así, pues, un ingeniero rara vez expone los beneficios atribuibles a una proposición sin indicar también el costo de obtenerlos.

Por lo general, para estimar satisfactoriamente la razón beneficio a costo debe evaluarse primero un cierto número de subcriterios. En conjunto estos subcriterios determinan el valor de la razón beneficio a costo. Algunos de los aplicables al diseño de bienes de consumo se indican a continuación. Por ejemplo, al considerar diversos diseños de un cepillo dental

mecánico, los ingenieros tuvieron que evaluarlos con relación a los subcriterios, antes que pudieran predecir la razón total beneficio a costo. Por consiguiente, tuvieron que evaluar distintas fuentes de energía con relación a costo, confiabilidad, seguridad, etc. Y, asimismo, tomando en cuenta diferentes acciones de cepillado y diversos mecanismos, materiales, etc.

2. El predecir cuán bien resultaría cada alternativa si es adoptada, es la parte clave y más exigente del proceso de toma de decisiones. En el caso del montador de llantas propuesto, el ingeniero tenía que predecir su costo de construcción, el tiempo necesario para su conservación o mantenimiento, su confiabilidad, etc. Para hacer estas predicciones confió principalmente en su criterio y en experimentos con un modelo del dispositivo proyectado.

Deseé luego, los funcionamientos predichos deben expresarse en las mismas unidades si han de ser acumulados y comparados. Por diversas razones la unidad más conveniente es el dólar. En consecuencia, la Fig. 3 muestra los funcionamientos predichos expresados en dólares para los criterios en que lo anterior es factible. Habrá siempre algunos criterios —los incuantificables— que no se puedan expresar fácilmente con números. Obsérvese que aunque en este caso era demasiado costoso y tardado medir la seguridad y la confiabilidad, el ingeniero no las ignoró; las juzgó en términos cualitativos y haló que reforzaban los razonamientos económicos para este dispositivo.



3. Para hacer una elección inteligente entre las alternativas, éstas deben compararse significativamente con relación a los criterios. Al tratar los criterios para los que es factible hacer predicciones monetarias, las cifras suelen tabularse o reunirse de manera que los costos y beneficios puedan compararse fácilmente, como se muestra en la Fig. 3. Incidentalmente, este ejemplo, simplificado para nuestros fines, ilustra uno de los varios métodos de hacer comparaciones económicas de alternativas de ingeniería. Estos procedimientos se deducen de un cuerpo de conocimientos bastante extenso, de fundamental importancia en la ingeniería, que se llama generalmente *economía de ingeniería*.

Además de la descripción del procedimiento anterior, no puede generalizarse mucho más sobre la toma de decisiones en la ingeniería. Variarán considerablemente de problema a problema las técnicas, destrezas y conocimientos que se empleen, según sean la complejidad y competitividad de las alternativas, la importancia relativa de la decisión y otras circunstancias. El proceso de decisión varía desde los procedimientos exhaustivos más elaborados que comprenden medición, investigación, predicción y comparación de costos en alto grado, hasta el simple juicio informal y rápido.

**Algo más sobre criterios.** Algunos términos comúnmente utilizados en las discusiones de criterios de ingeniería, necesitan más explicación. Un término que se emplea como sinónimo de la razón beneficio a costo es el *rédito a la inversión*, que significa el provecho o utilidad producida por una inversión, considerada en relación con el monto de ésta. Otra alternativa es la *razón eficacia a costo*. (Estas expresiones siempre significarán la razón del primer término al segundo, por ejemplo, beneficio/costo o eficacia/costo.)

La *confiabilidad* tiene un significado muy concreto: la probabilidad de que el elemento o sistema en cuestión no falle durante un *periodo especificado* bajo *condiciones prescritas*. (Ejemplo: la confiabilidad del cinescopio fabricado por la Compañía Zen es de 0.95 durante un año de operación bajo condiciones "normales" de uso, vibración y temperatura.) La confiabilidad es especialmente importante cuando una falla o desperfecto sería costoso, como en el caso del amplificador de un cable submarino transatlántico, tendido a 2,700 metros de profundidad. Obviamente la alta confiabilidad es también de vital interés para quienes trabajan en actividades aeroespaciales.

La *operabilidad* se refiere a la facilidad con que un diseño determinado puede ser manejado u operado por seres humanos. Algunas computadoras, lavadoras automáticas, cámaras foto-

gráficas, armas, etc., son relativamente fáciles de operar, requieren un tiempo mínimo de aprendizaje y difícilmente causan confusión; en otros casos sucede lo contrario. Con seguridad que el lector ya se ha encontrado ambos tipos.

La *disponibilidad* es la proporción de tiempo que una máquina está en condiciones de ser utilizada. Y, por lo tanto, en que no está "fuera de servicio" por reparación, mantenimiento u otras formas de atención. Este criterio es especialmente importante cuando se ha invertido una gran cantidad de dinero en la máquina. Si se invierten 8 millones de dólares en un gran avión comercial, es de desechar que su disponibilidad sea máxima. También es importante cuando la gente depende en alto grado de un sistema, como sucede con los servicios públicos de abastecimiento de agua, los sistemas de cohetes de defensa y los ascensores de un edificio de 40 pisos.

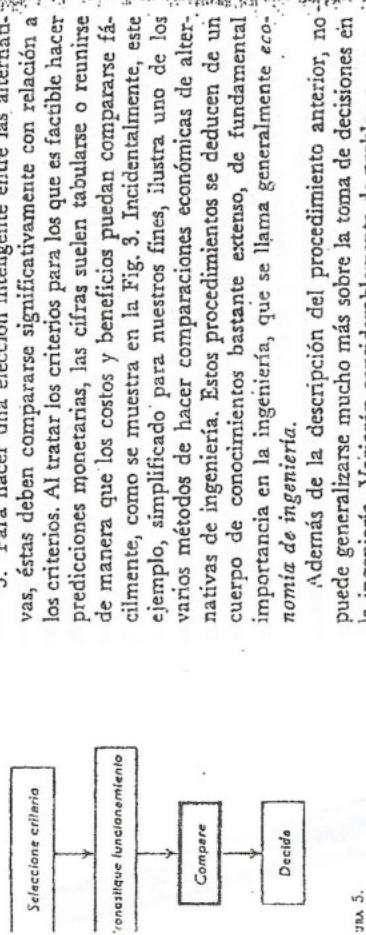
La *confiabilidad*, la *operabilidad* y la *disponibilidad*, junto con criterios tales como la *reparabilidad* y la *fácilidad de mantenimiento o mantenibilidad*, son cada vez más importantes, a medida que las obras de la ingeniería moderna aumentan en complicación y costo, y a medida que dependemos más de ellas. Todo un sistema de producción depende del aparato montador de llantas; el trabajo de una gran compañía puede desbaratarse si su computadora principal deja de funcionar por largo tiempo, y ya se sabe lo que sucede cuando el sistema de energía eléctrica se interrumpe por unas horas.

Obérvase que la *confiabilidad*, la *operabilidad* y la *mantenibilidad* de una solución, o sea, su costo total, dependen de su sencillez. Tanto es así que uno se ve obligado a hacer una recomendación especial en pro de este criterio.

#### RECOMENDACION PARA OBTENER SENCILLOZ EN LOS DISEÑOS

Entre las diversas soluciones de un problema de ingeniería habrá algunas que sean relativamente complicadas; otras seguirán bastante simples pero no menos eficaces que las más complicadas. El montador de llantas es un ejemplo excelente. La máquina existente era innecesariamente complicada, tenía 60 piezas móviles y requería electricidad y aire comprimido. El nuevo dispositivo, por el contrario, tiene unas cuantas piezas con movimiento y pocas cosas que pueden fallar o que necesiten mantenimiento.

Esto es buena ingeniería. Como otro ejemplo, un satélite artificial tiende a dar vueltas indefinidamente a medida que recorre su órbita; sin embargo, en ciertas aplicaciones uno de sus lados debe permanecer apuntado siempre hacia la Tierra. Así sucede con el satélite meteorológico, cuya cámara



PIOURA, G., La atracción gravitacional sobre el extremo más próximo a la Tierra de la

posterior de la estructura adquiere una intensidad estafática que se convierte en "método de la autorización de justicia por autorización de generalidad". Queda la sencilla preaventura: si todo si programa espacial! nacióndamente, puesto que no y resistencia del aire, el resultado compartida como un granado 'no sin punto' y oculto, indefinidamente, a menos que se mire más allá de su autoridad tal -disección. La anterior "puede verse con una pequeña persona en la puente de la universidad" es un recorte horizontal, modo que la puerta salte hacia y que al ojo lo pierda de vista, pero a la vez que su jardinería, illo las estaciones. Es posible considerar el conjunto l'coleauille establecido que quedó rotado en formas incorrectas, que significaría que sus veras jerarquías o divisiones quedarían desordenadas para el espacio exterior. En este caso se retrovió la valla blindada defendida que iba a dar unidad al jardín, lo se extendió de nuevo y se llevó el proceso hasta que finalmente la estructura sirvió la orientación.

siempre debe estar dirigida hacia nuestro planeta. Consecuentemente, dicho satélite debe tener un sistema de orientación que le impida dar vueltas y lo mantenga en la posición correcta. Una larga varilla fijada al satélite proporciona una solución notablemente simple para este imponente problema, como se explica en la Fig. 6.

Para apreciar plenamente las virtudes de esta solución se debe saber algo acerca de las alternativas. Son sorprendentes los complicados sistemas que han sido utilizados o propuestos para lograr este mismo objeto. Un sistema emplea sensores dentro del horizonte electrónico junto conyectores de gas. Esta solución requiere gas comprimido y electricidad (el inútil del gravímetro de gravedad que describiremos en seguida no necesita ninguna fuente de energía), tiene aproximadamente un número de piezas 40 veces mayor, pesa casi cuatro veces más, su costo es aproximadamente 50 veces mayor, ocupa mayor espacio y es considerablemente menos confiable que el sistema de gradiente de gravedad. Las ventajas de este último son muy importantes, y se deben a la convicción de un ingeniero de que "debe haber un procedimiento más sencillo".

La varilla estabilizadora de un satélite puede tener desde unos 7.5 metros hasta varias decenas de metro de longitud, y obviamente no debe sobresalir del satélite durante la fase de

hay una gran diferencia entre una solución practicable en el momento que es ideada y la misma solución después que ha sido efectivamente simplificada.

En el capítulo 2 se señaló, cómo una solución hábilmente simplificada tiende a decepcionar al ojo inexperto en lo que se refiere a la dificultad del problema y a todos los conocimientos, aptitudes y esfuerzos que se emplearon en la solución. Lo anterior es particularmente cierto en los tres ejemplos citados. Es muy fácil subestimar crasamente lo que está bajo esta sencillez, en especial si uno no se percata de las soluciones supercompliquadas que pueden producirse de hecho se producen). Cuando una solución nuestra ha alcanzado este estado decepcionantemente simple, puede considerarse, por lo general, que se ha hecho un buen trabajo.

Una característica de una persona excepcionalmente creativa en casi cualquier campo, es la sencillez en sus trabajos. Obsérvense las pocas líneas que requiere un buen dibujante de historietas o caricaturas para producir el efecto deseado, las notablemente pocas pinceladas en una buena pintura, las escasas pero bien elegidas palabras que necesita un buen escritor para expresar claramente su mensaje, las simples líneas en las grandes obras de arquitectura, o bien la gran sencillez de las tres obras de ingeniería recién descritas. En efecto, hay

hay una gran diferencia entre una solución practicable en el momento que es ideada y la misma solución después que ha sido efectivamente simplificada.

En el capítulo 2 se señaló, cómo una solución hábilmente simplificada tiende a decepcionar al ojo inexperto en lo que se refiere a la dificultad del problema y a todos los conocimientos, aptitudes y esfuerzos que se emplearon en la solución. Lo anterior es particularmente cierto en los tres ejemplos citados. Es muy fácil subestimar crasamente lo que está bajo esta sencillez, en especial si uno no se percata de las soluciones supercomplicadas que pueden producirse (y de hecho se producen). Cuando una solución nuestra ha alcanzado este efecto deceptivamente simple, puede considerarse, por lo general, que se ha hecho un buen trabajo.

Una característica de una persona excepcionalmente creativa en casi cualquier campo, es la sencillez en sus trabajos. Obsérvense las pocas líneas que requiere un buen dibujante de historietas o caricaturas para producir el efecto deseado, las notablemente pocas pinceladas en una buena pintura, las escasas pero bien elegidas palabras que necesita un buen escritor para expresar claramente su mensaje, las simples líneas en las grandes obras de arquitectura, o bien la gran sencillez de las tres obras de ingeniería recién descritas. En efecto, hay

The diagram illustrates the stabilization of a satellite in orbit around Earth. A horizontal dashed line represents the **Orbita** (Orbit). A curved dashed line represents the **Superficie de la Tierra** (Surface of the Earth). A solid line labeled **A** represents the **Satélite en órbita** (Satellite in orbit), which is shown with a camera lens labeled **Lentes de la cámara** (Lenses of the camera). A second satellite, labeled **B**, is shown below the orbit. Labels include: **Al centro de la Tierra** (To the center of the Earth), **Efecto del Giro** (Effect of rotation), **Momento estabilizante** (Stabilizing moment), **Valla de estabilización** (Stabilization wall), and **Al centro de la Tierra** (To the center of the Earth) again.

lanzamiento. De manera que, ¿cómo podría extender un satélite una varilla estabilizadora, por ejemplo, de 22.5 m, una vez puesto en órbita? En este caso, también se consideraron diversos sistemas muy complicados, pero la solución ideada finalmente es bastante sencilla; véase la Fig. 7. Obsérvense algunas de las virtudes de este simple "extensor de la varilla", especialmente en contraste con la solución complicada que hubiera podido desarrollarse. Es muy compacto, ligero, altamente confiable, relativamente barato y requiere muy poca fuerza motriz. De hecho, la elasticidad o acción de resorte del metal puede proporcionar la energía necesaria, de modo que podría funcionar sin motor.

La sencillez de las soluciones adoptadas en estos tres casos es por cierto impresionante. Como es usual, estas creaciones relativamente simples son de fabricación económica, de fácil y barato manejo y mantenimiento, y altamente confiables. Asimismo, desde el punto de vista del orgullo profesional, las soluciones que son notablemente sencillas son las más satisfactorias. En consecuencia, bien vale la pena esforzarse por conseguir la sencillez. No hay que conformarse hasta que se hayan simplificado al máximo grado factible los mecanismos, circuitos, método de operación, procedimientos de conserva,

Una característica de una persona excepcionalmente creativa en casi cualquier campo, es la sencillez en sus trabajos. Obsérvense las pocas líneas que requiere un buen dibujante de historietas o caricaturas para producir el efecto deseado, las notablemente pocas pinceladas en una buena pintura, las escasas pero bien elegidas palabras que necesita un buen escritor para expresar claramente su mensaje, las simples líneas en las grandes obras de arquitectura, o bien la gran sencillez de las tres obras de ingeniería recién descritas. En efecto, hay

normal, tra tuberías. Luego se revolvió sobre un saco, quedando en dólores, y se instala en él. Una vez que este está en órbita, una señal de radio bargea en morse un motor que detona la lira. A medida que se va soltando, la lira recobra su forma tubular, y cuando todo está totalmente extendido se convierte en el brinco estabilizador deseado. Pueden construirse así botas o varillas de distensión o centímetros de metros de largo.

para obtener sencillas en los diseños / 167

arte en la ingeniería y, según el criterio de sencillez, las tres soluciones son completamente artísticas.

A menudo una solución de ingeniería, que es especialmente simple en comparación con lo que realiza, se describe como *elegante*. Puesto que la complejidad es lo contrario de la sencillez, la elegancia será

Lo que realiza una solución  
La complejidad de la solución

La complejidad de una solución con frecuencia puede estimarse satisfactoriamente contando sus piezas o elementos (resistores, transistores, engranes, levas, etc.), pero la razón anterior que expresa la elegancia es difícil de cuantificar. No obstante, el concepto de elegancia es útil.

**¿DONDE ENTRAN LOS CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS?**

Podría cualquier persona haber ideado las soluciones descritas para los problemas del montador de llantas, del extensor del brazo estabilizador, y para la estabilización de satélites? Si no es así, ¿qué conocimientos especiales se requirieron? Una persona hábil, sin ninguna instrucción en ingeniería, pudiera haber ideado el concepto de la solución que sirvió de base para el nuevo montador de llantas, pero difícilmente hubiera podido especificar los detalles mecánicos de un dispositivo práctico. En el caso del extensor del brazo estabilizador, un buen mecánico pudiera haber pensado el concepto de la solución, pero el ingeniero que fabricó el mecanismo funcional debió tener conocimientos especiales sobre metales, tratamientos térmicos, esfuerzos mecánicos, mecanismos y vigas en voladizo. Unicamente un persona familiarizada con los principios de la mecánica, los fenómenos gravitacionales, los sistemas oscilatorios y otras cosas semejantes puede tener los medios necesarios para idear, y luego realizar, la solución del grádiente de gravedad.

El medio de la solución en cada uno de estos ejemplos es la invención pura, un producto del *ingenio* de un ingeniero. Pero sin conocimientos técnicos y científicos especiales, hubiera sido virtualmente imposible que una persona convirtiese la idea básica en una solución factible o viable en ninguno de estos casos. Aunque la invención es una necesaria y muy importante parte del diseño en ingeniería, difícilmente es suficiente.

Este análisis también hace destacar una importante diferencia entre los ingenieros modernos y hombres como Edison,

Whitney, Watt y otros de épocas precedentes. Todos fueron inventores, pero hay una gran diferencia en la cantidad y tipo de conocimientos utilizados por los dos grupos.

**Ejercicios**

1. Se han descrito algunas elegantes soluciones a problemas de ingeniería. Halle usted cinco ejemplos más en el mundo que lo rodea. Escoja el que crea que es el más elegante de los cinco; y presentelo a competencia con otros similares elegidos por sus compañeros de clase. Una lista de ellos se repartirá después y cada alumno clasificará por rango o calidad las soluciones de la lista. Asignese el número 1 a la solución que usted juzgue como la más elegante, el 2 a la que crea va en segundo lugar, etc. Los resultados de la votación se tabularán y darán a conocer. (Al autor de este libro le interesaría conocer los resultados.)

## El proceso de diseño: Especificación de una solución; el ciclo de diseño

Los datos de entrada a esta fase son la solución elegida, parte de ella en forma de croquis, apuntes, cálculos, etc., y gran parte de ella todavía en la cabeza del proyectista. Además de ser incompleto, este material está desorganizado y difícilmente en condiciones de poder ser presentado a los jefes o a los clientes.

Falta describir con los detalles suficientes los atributos físicos y las características de funcionamiento de la solución propuesta, de manera que las personas que deben aprobarla, los encargados de su construcción y quienes la manejarán y conservarán, puedan desempeñar satisfactoriamente sus funciones. El hecho de que alguien distinto de nosotros por lo general construya, opere y cuide nuestras obras, hace que adquiera especial importancia la presentación cuidadosa por escrito y la comunicación exacta de ellas.

Los datos de salida de esta fase consisten usualmente de dibujos del proyecto, un informe escrito y, posiblemente, un modelo físico o icónico tridimensional. Los primeros de estos medios de comunicación, que se llaman a menudo "los planos", simplemente, son dibujos de la solución cuidadosamente realizados, detallados y acotados.

El segundo medio, el informe técnico, suele ser un documento bastante formal, que describe la propuesta con palabras, diagramas y croquis. Este informe también describe el funcionamiento de la solución y proporciona una evaluación cabal de ella. Es por medio de estos informes como la aptitud de expresarse se manifiesta a la gente a la que queremos impresionar favorablemente.

A veces se complementarán los planos y el informe con un modelo físico (pág. 64). Este es un medio de comunicación efectivo y de gran ayuda para favorecer la aceptación de la propuesta por nuestros superiores, clientes y el público.

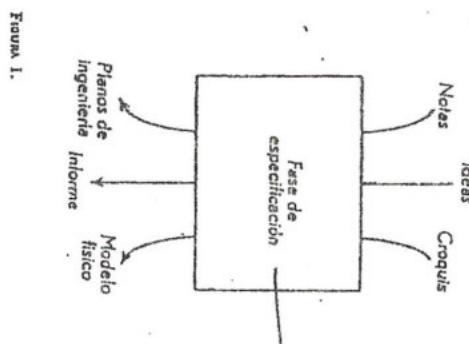


FIGURA 1.

Es probable que esta fase del proceso de diseño comprenda detalles considerables. Los dibujantes y otros auxiliares técnicos pueden librarlo a uno de una parte de la carga; pero, en general, usted debe especificar los tipos y propiedades de los materiales con los que se construirá su obra, así como sus dimensiones, métodos de unión o fijación, tolerancias y demás esenciales semejantes.

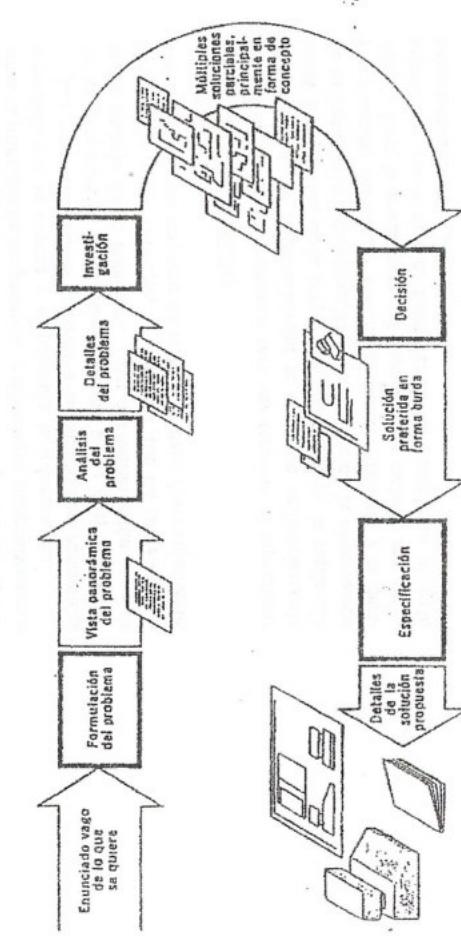
#### EL PROCESO DE DISEÑO EN VISTA RETROPECTIVA.

Probablemente el lector sea víctima de ciertos hábitos de pensamiento que interfieren con su habilidad de resolver problemas. Si han de desechar tales hábitos, tendrá que trabajar en ello. Para esto se requiere una disciplina consciente de la mente. El esfuerzo valdrá la pena, pues la retribución consistirá en obtener resultados adecuados en la resolución de problemas profesionales y personales. Se le recomienda que dedique cuidadosa atención a su técnica de diseño. Estudie y aplique el proceso resumido en la Fig. 2 hasta que sea algo natural para usted. Examine su enfoque y realice una autocritica constructiva. Después que haya tenido experiencia, quizás desee modificar el procedimiento que se ha recomendado, y adoptar otro que se ajuste mejor a sus necesidades y preferencias. Lo anterior será excelente, pues significaría que está prestando atención a sus métodos de diseño, lo cual es exactamente lo que desea el autor.

Una encuesta entre profesionistas y maestros de ingeniería amantes del progreso, revela una creencia general de la existencia del progreso,

amantes del progreso, revela una creencia general de la existencia del progreso,

Figura 2. Fases del proceso de diseño que muestran las principales entradas y salidas de cada fase.



tencia de un procedimiento particular de diseño, que a largo plazo da excelentes resultados, tanto en la calidad de las soluciones como en el costo de llegar a ellas. Es cierto que aun el más deficiente enfoque para resolver problemas puede dar ocasionalmente una solución aceptable, pues un elemento del azar está comprendido en la generación de ideas. Además, el empleo de un enfoque óptimo no garantizará que las soluciones finales de todos los problemas serán mejores que las que pudieran obtenerse mediante procedimientos deficientes. La diferencia está en la probabilidad de obtener superiores resultados, de modo que la ganancia consistirá en el mejor desempeño del lector en su trabajo, a largo plazo.

Aunque hay un acuerdo general sobre la existencia de un procedimiento óptimo de diseño y sobre sus principales características, las autoridades en la materia no concuerdan en los aspectos específicos. Por ejemplo, todos los autores recomiendan que se empiece el ataque de un problema con una cuidadosa definición de éste. En este aspecto el autor no está de acuerdo con la mayoría, sino que recomienda una definición del problema en dos etapas: el cuadro general primero y luego los detalles. Alguno autores no dicen nada concreto acerca de cómo definir un problema; otros recomiendan seguir un sistema y una nomenclatura. El autor de este libro recomienda un sistema específico y ya ha dado buenas razones para ello. Se mencionan estas diferencias para que el lector esté preparado si ha de seguir estudiando más la materia del diseño, lo cual es muy recomendable.

El proceso de diseño es una serie de etapas en la evolución de la solución a un problema. El objeto de cada fase es diferente; asimismo lo será el tipo de actividad en la resolución de problemas que predominará en cada uno. Sin embargo, estas etapas no tienen fronteras bien definidas, ni tampoco constituyen la serie ordenada de pasos concretos y bien definidos que esperaría el idealista. Hay cierta confusión a medida que el énfasis pasa de una fase a la siguiente. Ocasionalmente, las soluciones se le ocurrirán a uno mientras la definición del problema sea la actividad predominante; durante la fase de búsqueda puede decidirse reformular el problema. Similarmente, es imposible no efectuar una cierta evaluación en la fase de búsqueda. El azar juega un papel significativo en este proceso; nuevas informaciones y nuevas ideas se descubren inesperadamente, se revelan consecuencias adversas y se encuentran callejones sin salida. Todo esto da origen a irregularidades y retrocesos, como se muestra en la Fig. 3.

En algunos casos el proceso de diseño estudia sólo las ca-

racterísticas generales de la solución, tratando temporalmente



**FIGURA 3. Representación gráfica de la distribución del tiempo de trabajo de un ingeniero durante un proyecto. Toda gráfica varía radicalmente para diferentes proyectos; algunos están relativamente ordenados, mientras que otros serían mucho más irregulares que la de esta figura.**

los subsistemas y componentes como "cajas negras". Lo anterior se realiza a veces en un estudio de factibilidad, donde los detalles se especifican solamente al grado necesario para permitir al ingeniero predecir satisfactoriamente los costos de desarrollo y producir el dispositivo, y pronosticar la aceptación por los consumidores. El diseño detallado depende de las predicciones favorables.

En el diseño de sistemas a gran escala se emplea un procedimiento similar debido a la complejidad del trabajo total. Un satélite de telecomunicaciones tiene numerosos subsistemas principales, cada uno con cientos o miles de elementos en los cuales interviene el trabajo de muchos ingenieros. En el diseño de tan complicado dispositivo, las características generales de cada subsistema se especifican sin dar mucha atención a los detalles de los componentes. Después que se hayan establecido tentativamente los aspectos más amplios del sistema total, se inicia al diseño detallado de subsistemas y elementos. Se asigna un equipo de ingenieros a cada subsistema principal y a cada equipo se le dan determinados datos de entrada y de salida, restricciones sobre tamaño, peso, etc., que se fijaron en la fase de diseño del sistema total. El diseño del sistema total y el de sus subsistemas obviamente están muy relacionados, como sucede también con las actividades de los diferentes equipos.

**La recurrente cuestión de la factibilidad económica.**  
Hay notablemente pocas cosas que el hombre no pueda lograr con el tiempo y el dinero suficientes. Rara vez el problema consiste en si un dispositivo puede ser creado para un fin determinado. Es casi seguro que podrá realizarse si alguien está dispuesto a pagar el precio. La cuestión real suele ser la siguiente: ¿puede crearse una solución conveniente? Por lo tanto, en la mayoría de los casos la factibilidad técnica no es un obstáculo, pero si lo es la factibilidad económica.

La concepción de un diseño implica la *hipótesis* de que una solución al problema es factible económicamente y que

será retribuida con creces la inversión en ingeniería y otros recursos para crear una solución. Antes de empezar a diseñar una máquina para ensamblar o montar los interruptores eléctricos, los ingenieros deliberaron sobre las posibilidades de un resultado ventajoso. La decisión para llevarlo a cabo se fundó en su juicio, en la experiencia anterior en trabajos semejantes y en la disposición a aceptar un cierto riesgo.

#### Desde el momento en que comienza un diseño se pone

a prueba la hipótesis de que se producirá una solución ventajosa. Esta cuestión se plantea repetidamente, aunque no siempre en forma explícita, en el proceso de diseño: "Sobre la base de lo que se ha aprendido hasta ahora en el proyecto, ¿se tienen indicios de una utilidad suficiente alta para que se justifique la continuación?" Así, pues, en cualquier momento desde su etapa conceptual hasta la de especificaciones, un proyecto está sujeto a ser suspendido si la información acumulada indica que probablemente no se hallará una solución conveniente según las condiciones actuales de la tecnología.

Por supuesto, al principio de un proyecto se sabe relativamente poco acerca de la probable solución final; de manera que en esta etapa hay muchas incertidumbres y, por lo tanto, un riesgo apreciable de estar equivocado al suponer que el resultado es económicamente factible. A medida que se avanza en el proyecto se obtendrán soluciones alternativas, se apreciarán otras posibilidades y adquirirá más importancia alguna otra información sobre la cual basar una respuesta a la cuestión siempre presente de la utilidad o conveniencia. Por lo tanto, el riesgo de tomar una decisión equivocada es mínimo al principio de un proyecto, y disminuye progresivamente a medida que se avanza y se acumula la información.

Las recomendaciones relativas a la factibilidad económica de los proyectos en perspectiva son una parte muy importante del trabajo de un ingeniero. Tales decisiones están lejos de ser sencillas y, sin embargo, al ingeniero que ha cometido varios errores a este respecto no se le considera favorablemente.

#### EL CICLO DE DISEÑO

El trabajo de un ingeniero rara vez termina al especificar una solución; su responsabilidad se extiende ordinariamente hasta la obtención de la aceptación de su diseño, la vigilancia de su instalación o construcción y su uso inicial, la observación y evaluación del mismo durante su funcionamiento y la decisión (o bien, la ayuda para tal decisión) de cuándo sea aconsejable un nuevo diseño. Estas funciones completan el ciclo

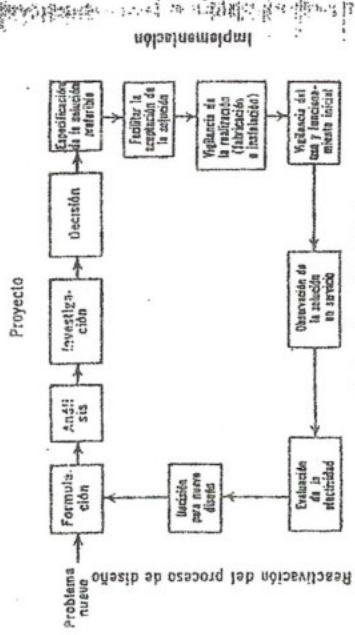


FIGURA 4. El ciclo de diseño.

**Acondicionamiento de la solución.** No suponga que las soluciones ideadas serán adoptadas automáticamente, construidas en forma apropiada y utilizadas como se ha previsto. Muchas cosas pueden ir equivocadas y hay que tomar medidas para evitar esto, entre el momento que se especifica una solución y aquél en que se ha realizado.

Por ejemplo, se necesitan algunas disposiciones para asegurar que la solución sea aceptada por la gente a quien corresponda. Los ingenieros a menudo comienzan su carrera con la errónea impresión de que si sus proposiciones son técnicas y económicamente correctas, serán naturalmente aceptadas. Pero la ingeniería es por lo general una función jerarquizada en una organización, de manera que los ingenieros suministran sólo recomendaciones y no órdenes. Lo anterior, más la posibilidad de que haya diferencias de opinión, hace imparcial el hecho de que hay que dedicar una cuidadosa atención al aspecto de lograr la aceptación de las propuestas.

Los ingenieros jóvenes son susceptibles a desanimarse después de que varias de sus proposiciones hayan sido rechazadas. Están inclinados a culpar a otras personas, a su organización y a cualquier otra persona o circunstancia, menos a ellos mismos. Pero lo cierto es que han subestimado la necesidad de una presentación adecuada de sus propuestas, de persuadir a otros del valor de sus ideas, de tener un tiento compromiso realista respecto a algunas de las características de sus diseños propuestos, y de una cuidadosa planificación para reducir al mínimo la oposición al cambio.

**Vigilancia continua.** La vigilancia periódica de sus soluciones en uso, es especialmente valiosa por su utilidad para mejorar futuros diseños. Raro es el ingeniero que no puede beneficiarse por la observación de su obras puestas en servicio.

**Reactivación del proceso de diseño.** La evaluación periódica de las soluciones en uso también proporciona una base para decidir cuándo hay que revisarlas de nuevo. Ninguna solución a un problema práctico conserva indefinidamente su calidad. Con el tiempo se descubren nuevos métodos, se presentan nuevas demandas, se acumulan nuevos conocimientos, cambian las condiciones y se produce el deterioro físico. En consecuencia, se alcanza un punto en la vida de un diseño en que es ventajoso buscar una mejor solución. Un departamento de ingeniería puede decidir inteligentemente cuándo emprender un rediseño sólo si se revisan periódicamente las soluciones corrientes a los problemas de su campo.

El ciclo de diseño se completa cuando, después de que una solución a un problema se ha ideado y utilizado por varios años, se da uno cuenta de que sería provechoso un nuevo diseño, y entonces se inicia otra vez el proceso de hallar una solución adecuada.

#### VARIEDAD DE LOS PROBLEMAS DE DISEÑO EN INGENIERÍA

Se describirán a continuación dos trabajos de ingeniería para ilustrar la amplia aplicabilidad del proceso de diseño. El trabajo A comprende el diseño de un dispositivo que convierte directamente la palabra hablada en escrita. La entrada será un mensaje verbal y la salida tiene que ser el registro en papel de dicho mensaje. Tal dispositivo obviamente tiene valor comercial.

El trabajo B implica también un diseño. Un ingeniero está empleado en una compañía que fabrica equipos eléctricos, tales como motores y transformadores, y monta estos elementos en sistemas de potencia diseñados para satisfacer las necesidades particulares de clientes individuales. La mayor parte de éstos son fábricas, refinerías, empresas tipográficas, etc. Un cliente potencial, una compañía manufacturera de papel que planea construir una nueva planta, ha solicitado al ingeniero que se familiarice con el proceso de fabricación de papel, que efectúe una cabal investigación de las necesidades de la empresa y que diseñe luego un sistema eléctrico completo de potencia adaptado al proceso. Al realizar lo anterior, el ingeniero se basará naturalmente en los equipos fabricados por su compañía y presentará al futuro cliente su diseño junto con el precio del sistema. Si su sistema es comprado, supervisará su instalación y permanecerá en contacto con su obra hasta que el nuevo sistema esté funcionando normalmente.

El trabajo A trata principalmente de la concepción de un nuevo dispositivo. Hay un mínimo de experiencia anterior en

## **LECTURAS SUGERIDAS**

# CAI

CAI es una publicación del Centro Argentino de Ingenieros  
Número 1108 - Septiembre de 2013

## ENERGÍA

El desafío del Shale Oil.

## ENTREVISTA

Carlos Bacher: ingeniería para construir el futuro.

## INUNDACIONES URBANAS

El agua como flagelo.

## RECURSOS HUMANOS

# En busca de talentos

La cantidad de ingenieros que egresan por año no satisface la demanda y atenta contra el desarrollo del país.

**E**l desarrollo de la industria los necesita, son imprescindibles en un país que busca crecer. La ecuación es simple. Si la cantidad de ingenieros no puede satisfacer las demandas, la expansión y el progreso se ralentizan. Los organismos oficiales, las empresas y las universidades perciben con claridad que en la Argentina faltan ingenieros, un problema generado por motivos diferentes, pero para el cual no se puede pensar en una solución inmediata. En este momento Argentina cuenta con algo más de 125.000 ingenieros y cerca de 6.000 graduados por año en todas las especialidades, dos cifras muy por debajo de lo que la matriz productiva precisa. Es indispensable entonces entender los motivos para tratar de encontrar una solución a un plazo no tan lejano.

Para graficar un poco el problema sirve mirar la realidad de otros países. Mientras que en China hay un ingeniero cada 2.000 personas, en Alemania, uno cada 2.300 y en Brasil, uno cada 6.000, Argentina pelea para que la actual cifra de un ingeniero cada 6.600 habitantes baje a uno cada 4.000. Esta relación de profesionales con la población dice bastante del perfil industrializador de cada país.

Desde 2001 en adelante, los pedidos de estos profesionales por parte de las empresas crecieron fuertemente. La recomposición económica provocó que distintos sectores de la industria tuvieran de repente una necesidad exponencialmente mayor que la que venían teniendo. *"Al problema de la falta de ingenieros lo asociamos con lo que sucedió en los años '90, cuando no había obras de gran porte, se perjudicó sensiblemente el desarrollo de esos profesionales, que ahora faltan. Muchos dejaron el país para irse a trabajar al exterior. Por eso, además de la dificultad de conseguir ingenieros jóvenes, también carecemos de entre 45 y 55 años, con larga experiencia. Ellos son muy necesarios y los más difíciles de conseguir"*, hace su primer análisis desde una perspectiva histórica la responsable de Personas y Organización de Odebrecht, Verónica Spirito.

Vinculada a las tareas de recursos humanos de una multinacional, ella da un panorama certero de las dificultades que su empresa se enfrenta cuando debe cubrir puestos específicos. *"Doy un ejemplo que siempre nos genera dificultad. Nosotros precisamos ingenieros con experiencia en montaje, que hayan trabajado en refinerías o gasoductos. Para ese puesto es muy difícil conseguir candidatos. En general tenemos que*

*recurrir a head hunters, que son quienes los buscan. Este tipo de profesional no viene por un aviso en el diario. Hay que tentarlo con las tareas que va a realizar, con la carrera que puede hacer y por supuesto con lo económico. Al haber pocos especialistas, debés tener una buena política de seducción hacia ellos"*, explica Spirito.

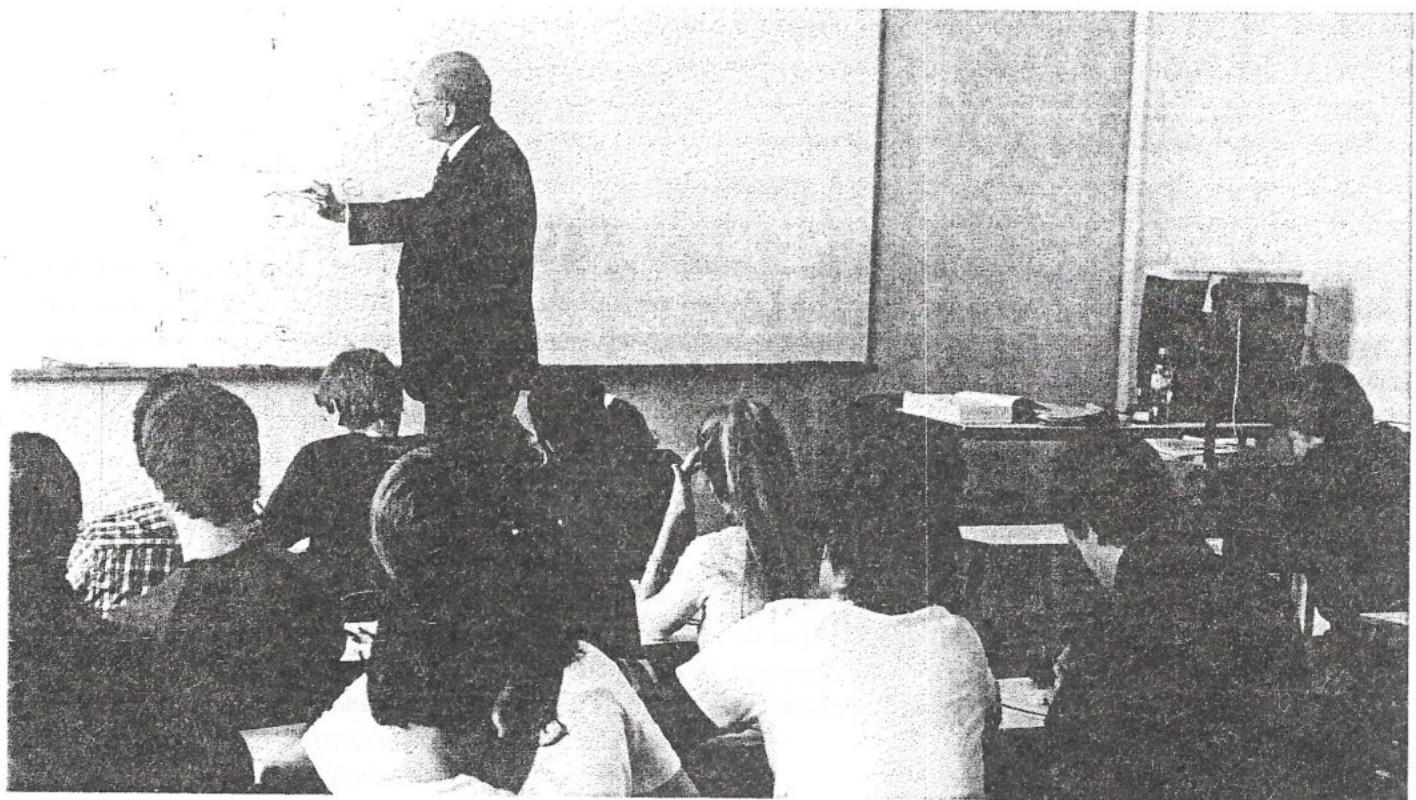
Por otro lado, también cuenta que hay que desarrollar una política para atraer y mantener a los ingenieros jóvenes. *"Los profesionales que pertenecen a lo que se denomina Generación Y son incluso más difíciles. Necesitan estar bien con ellos y con la empresa para querer quedarse. Los de la Generación Y siempre están buscando otras alternativas. La variable desarrollo de carrera no satisface 100% de sus deseos, como pasa con la Generación X"*.

## **"AL HABER POCOS ESPECIALISTAS, TENÉS QUE TENER UNA BUENA POLÍTICA DE SEDUCCIÓN HACIA ELLOS"**

**VERÓNICA SPIRITO  
RESPONSABLE DE PYO DE ODEBRECHT**

Respecto de este desafío de cautivar a los más jóvenes, el director de Recursos Humanos de Tenaris, el ingeniero Marcelo De Virgiliis, explica: *"Las nuevas generaciones han venido cambiando los paradigmas en el mundo laboral. Las empresas estamos en constante adaptación para lograr una sinergia entre las necesidades de los jóvenes y las del negocio, tratando de mantener los valores tradicionales de la empresa y al mismo tiempo incluirlos en proyectos que los apasionen"*.

En esa línea, el gerente de Recursos Humanos de Skanska Argentina, Sebastián Autunno, destaca el rol formador que también cumple la empresa: *"Nos encontramos continuamente formando a nuestros ingenieros para que puedan cubrir posiciones claves y desafiantes en el corto y mediano plazo. Una de nuestras prácticas más destacadas en rela-*



- TIEMPO. La extensión de las carreras de ingeniería confronta con los deseos de inmediatez de los jóvenes.

ción a su formación es nuestro Programa de Jóvenes Profesionales, que apunta a acelerar la curva de aprendizaje de profesionales recién graduados, con alto potencial, complementando su formación académica con asignaciones intensivas en campo".

"En la medida que el país siga en una etapa de crecimiento requerirá de todas las ingenierías. Pero hay que prestarles mucha atención a aquellas ramas vinculadas a la producción, por ejemplo, las que colaboran con la cadena agroindustrial, los sectores de alto valor agregado tecnológico, e incluso el energético", advierte el director de la Escuela de Ingeniería y Gestión del Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Pablo Bereciartua. "La potencialidad que tiene Argentina es muy grande y tiene la posibilidad de seguir incorporando valor a sus cadenas productivas. Los países que alcanzaron el desarrollo lo hicieron incorporando cadenas de valor. Son países que intervienen más en tecnología y en su implementación, que es el trabajo de los ingenieros", remarca Bereciartua.

"Los números hablan por sí solos: Ingeniería es una de las carreras que menos graduados vuelve al mercado argentino. Considerando que Argentina es un país con voluntad

de desarrollo industrial, la necesidad de contar con talentos técnicos para el futuro será una tarea desafiante, que irá de la mano de un desarrollo en carreras de perfil ingenieril, como así también los niveles medios de educación técnica", agrega De Virgiliis, de Tenaris. "En el último año, en las universidades nacionales, por cada egresado de una carrera de ingeniería, se graduaron casi 5 estudiantes de las carreras de ciencias sociales", remarca.

En esa demanda no satisfecha y la necesidad de tener a profesionales capacitados, no sólo vuelve a los ingenieros figuritas difíciles sino que provoca competencia entre las compañías para ver cómo se quedan con ellos. "Se genera una guerra entre las empresas por estos preciados talentos. Es claro que en esta situación de pleno empleo los ingenieros tienen el poder de elegir dónde trabajar. Por eso prestan mucha atención al beneficio personal que se llevan", analiza Juan Cueto, director asociado de Wall Chase Partners y encargado de búsquedas ejecutivas. "Y cuando nos referimos a beneficio personal no nos referimos sólo a una compensación económica, sino que tiene que ver con los nuevos conocimientos y habilidades que puede adquirir, la posibilidad de aprender sobre una nueva industria o área

**"EL PAÍS RE  
TODAS LAS  
PERO HAY O  
MAS ATENCI  
• VINCULAD  
PROYECTO"**

**PABLO BERCIARTUA**  
DIRECTOR DE LA  
INGENIERIA Y GESTION DEL ITBA



de especialidad. Por ejemplo, en lugar de elegir trabajar en una industria automotriz en pleno crecimiento, eligen ingresar en una empresa pyme o un start up donde se requieren perfiles dispuestos a crear y empujar desde diversas áreas en lugar de especializarse en una tarea específica".

"Es poco común que los ingenieros jóvenes permanezcan muchos años en la misma compañía. Existe una alta tendencia a rotar por compañías del mismo rubro, conocer distintas culturas organizacionales y luego elegir a la que más se adapte a tu forma de trabajar", suma Gabriela Cañada, ingeniera de Skanska.

Para el análisis sirve intentar analizar qué percepción tienen del mercado laboral los nuevos profesionales. A diferencia de la mirada de los ingenieros más experimentados, las generaciones jóvenes comienzan a ser más independientes y tienden a apuntar a sus propios proyectos. "Como tendencia, los jóvenes ingenieros están buscando abrir sus propias empresas", apunta Bereciartua, quien explica que esa es la referencia de acuerdo a encuestas que se realizaron en algunas facultades del país. "Se les pregunta a los alumnos sobre el futuro laboral que quieren. Allí en primer lugar quedan los que quieren trabajar en una gran empresa. En segundo lugar, hacer un desarrollo propio o generar un emprendimiento. Y tercero, trabajar para una institución de bien social", señala.

El director de la Escuela de Ingeniería y Gestión del ITBA resalta que si bien el trabajar en una gran empresa sigue liderando las preferencias, los proyectos propios se acercan

mucho porcentualmente. También la posibilidad de ayudar a una organización sin fines de lucro. "Los nuevos profesionales también destacan por su vocación, a veces resignando la posibilidad de un mejor empleo por alcanzar su desarrollo propio", evalúa.

En un paralelismo casi futbolístico se podría decir que la Ingeniería deberá invertir durante varios años en sus divisiones inferiores. Los aspirantes llegan muchas veces a las facultades con problemas de formación que le complican el desarrollo posterior. El titular del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), Miguel Ángel Sosa señala que partes de las políticas educativas apuntan a llegar en 2016 a los 10.000 egresados por año, contra los 6.000 actuales. Pero incluso ese incremento está por debajo de la cifra de 15.000 ingenieros anuales que es lo que se estima necesario para cubrir los puestos requeridos en Argentina.

"Apostamos a una meta moderada cuando hay países que presentan metas de un ingeniero cada dos mil habitantes. Uno de nuestros objetivos es llegar al 30% de graduados sobre ingresantes, y aún no lo estamos consiguiendo. Esto es, que de cada diez estudiantes que se inscriben se reciban tres, cuando actualmente estamos por arriba de dos. Pero hace diez años se recibían menos del 10%", explicaba Sosa en una entrevista a un diario porteño a mediados de agosto.

A este diagnóstico se le suma la visión de los formadores. El director del departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UBA, Rodolfo Dalmati, hace foco en las falencias



**"SE GENERA UNA GUERRA  
ENTRE LAS EMPRESAS POR  
ESTOS PRECIADOS TALENTOS.  
LOS INGENIEROS TIENEN EL  
PODER DE ELEGIR".**

**JUAN CUETO**

**DIRECTOR DE WALL CHASE PARTNERS**

cias que acarrean los jóvenes, pero no lo plantea como un tema de individualidades sino como el resultado de cambios en los programas y en la orientación de las currículas. “*Un problema esencial es que el secundario está orientado más a lo humanístico que a lo técnico como concepto general. Se le quitó peso a las materias como Matemáticas, Física y Química. Y hay mucha menos formación técnico-científica. Por eso, al comenzar el Ciclo Básico Común el 84% debe recurrir a Algebra. Tienen poca formación y les cuesta mucho. Los que no lo pueden superar, dejan*”, analiza.

¿Qué se está haciendo con esas deficiencias? “*Puertas adentro de las facultades se hace mucho. Todas las facultades tienen un curso de nivelación. Todas las facultades tienen una gran preocupación por ayudar a los jóvenes que potencialmente tienen capacidades pero que necesitan apoyo. Puertas afuera, cada facultad ha hecho la articulación que ha podido con las escuelas de nivel medio de su región de influencia. Lo que necesitamos es un acuerdo nacional, donde los ministros de Educación de las provincias acuerden con el ministro de Educación de la Nación para que las escuelas secundarias trabajen codo a codo con las universidades*”, retoma Sosa, titular del CONFEDI.

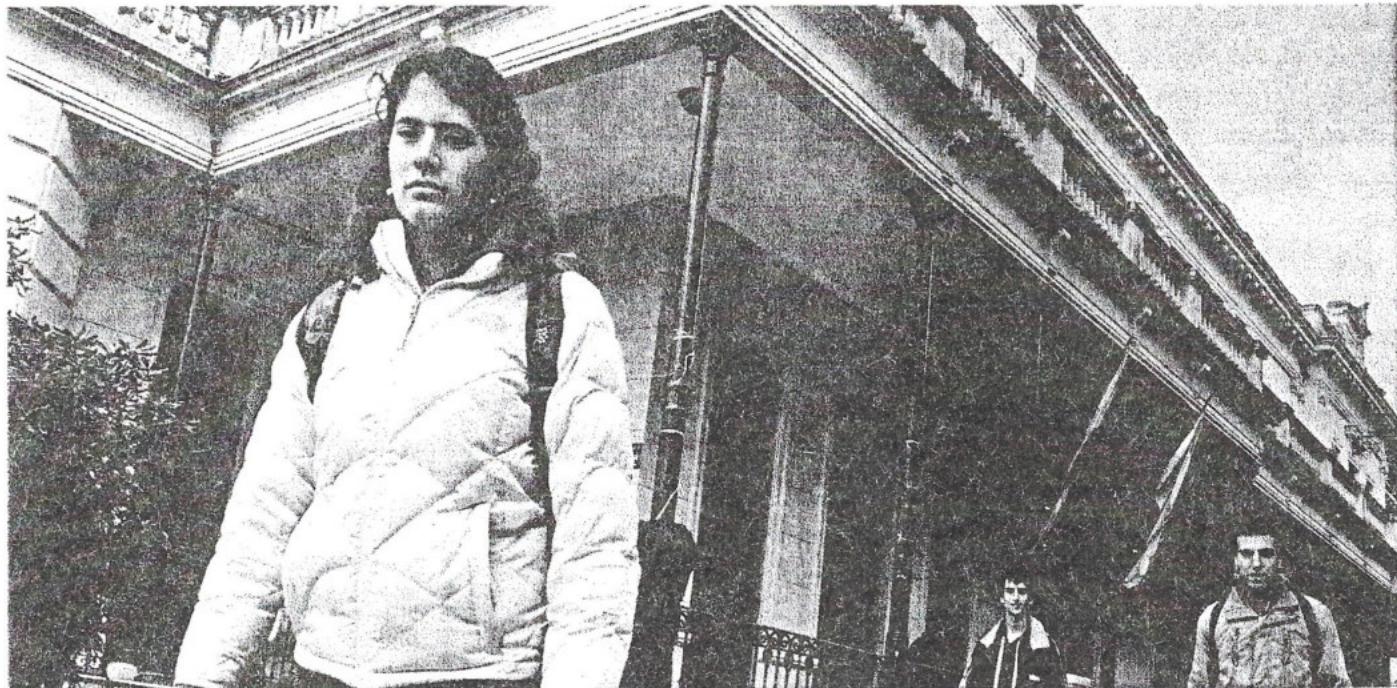
No sólo la solución la buscan las instituciones educativas, varias empresas grandes dedican parte de su presupuesto para la formación de profesionales. “*Empresas como Tenaris y Ford apuestan a sus propias escuelas secundarias técnicas de mucha categoría buscando reducir esta brecha entre la educación. Así se combaten las deficiencias que se arrastran de la*

*educación secundaria*”, analiza el joven ingeniero de Tenaris, Alejandro Soraire.

Con su experiencia dirigiendo una cátedra en la universidad pública, Dalmati agrega una nueva variable. Analiza los tiempos de la carrera que, a su juicio, también atentan con la seducción inicial de los jóvenes estudiantes que están viendo hacia dónde ir. “*Es una carrera que tiende a hacerse cada vez más larga. El promedio en este momento es de 9 años y medio en todas las carreras. Por ejemplo, los alumnos en Ingeniería Naval tardan 12 años y medio en graduarse*”. Esos tiempos se enfrentan con los deseos de inmediatez que tienen los jóvenes.

La escasez de profesionales provoca otro fenómeno de fuerte impacto en la formación: las empresas emplean estudiantes que están en los últimos años de la carrera. Esto genera que los tiempos que les pueden dedicar al estudio sean insuficientes para continuar regularmente la cursada y en muchos casos para continuarla. Así se encadena otro fenómeno, que es que en la actualidad cerca de 30.000 estudiantes con más del 80% de la carrera aprobada, no continúan sus estudios.

Precisamente Martín Papa acaba de graduarse en Ingeniería Civil en la UBA. Tiene 26 años y se recibió hace cinco meses. Es un exponente de las nuevas generaciones que reciben ofertas y sus carreras pierden la exclusividad que venían teniendo. “*A pesar del doble esfuerzo yo recomiendo empezar a trabajar antes de estar recibido. Esa primera experiencia te ayuda a crecer y te da perspectiva. Tardar un*



- AGUSTINA NIEVAS. Estudiante de ingeniería de la Universidad de La Plata.

## **MIENTRAS QUE EN CHINA HAY UN INGENIERO CADA 2.000 PERSONAS, ARGENTINA PELEA PARA QUE LA ACTUAL CIFRA DE UN INGENIERO CADA 6.600 HABITANTES BAJE A UNO CADA 4.000.**

*poco mas en función de tener experiencia esta bien. Pero hay que tratar de no terminar postergando los estudios de manera definitiva, porque eso también posterga el desarrollo de tu carrera laboral. No es lo mismo un ingeniero, que alguien que hace sus tareas pero no lo es. Yo soy auxiliar proyectista en un estudio chico, y trabajo bajo la coordinación de los jefes".*

Para ampliar la matrícula, desde las universidades se elaboraron campañas de comunicación para los aspirantes, que incluyen acciones de propaganda y marketing en medios de comunicación y redes sociales, donde circula gran parte de los potenciales aspirantes a ingresar a una carrera de ingeniería.

Por lo que señalan los últimos números, algo está sucediendo con quienes entran a la carrera: entre 2003 y 2010 la cantidad de ingresantes se incrementó sólo un 3%, pero el total de alumnos se incrementó un 17%. Eso responde a una mejora en la retención del 21%. La graduación se incrementó un 18%, pero los alumnos avanzados (los que tienen más del 70% de la carrera aprobada) cre-

cieron en un 61%. De acuerdo a datos preliminares, estos alumnos, en un porcentaje superior al 80% se encuentran trabajando en tareas relacionadas con su carrera y su especialidad.

Por ultimo, la mirada de los estudiantes de los primeros años sirve para entender cuál es el panorama actual. "Las Ciencias Básicas son difíciles en general. Pero hay cierta flexibilización de las materias filtro. Matemáticas A, por ejemplo, no fue tan dura como otros años y no tuvo tantos desaprobados. Hay que destacar que hay una compañía permanente de los docentes y la Facultad está muy bien organizada. De esa manera nos sentimos más acompañados y son menos los que piensan en abandonar ante los primeros aplazos. Creo que en promedio la carrera es bastante accesible para los alumnos que se dedican en serio", dice Agustina Nievas, de 19 años, que está en primer año de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Precisamente este año, esa institución puso en marcha un mecanismo de seguimiento personalizado de sus alumnos junto, a una serie de cambios pedagógicos, que busca reducir los tiempos de las carreras e incrementar la cantidad de graduados.

31 de octubre de 2011

Mi nombre es Héctor José Huyke. Soy profesor de filosofía en el Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. Mis más calurosos saludos desde la isla de Puerto Rico al estudiantado y al profesorado de la Universidad Nacional de Córdoba. Mis saludos también a Nora Valeiras y a Gabriela Durán.

Mis áreas disciplinares en la filosofía son la ética, la filosofía de la tecnología y la filosofía de la educación superior. En los noventa publiqué un libro titulado Anti-profesor, una crítica muy severa---según me decían los lectores más críticos---a la práctica de nosotros los profesores de querer transmitir conocimientos, o profesar, el conocimiento siendo más bien algo que se construye sólo desde uno mismo, y a lo más tras cierto modo de provocación. Pero de esto no vamos a hablar. Más recientemente estoy terminando otro libro titulado Tras otro progreso, un texto íntimamente ligado a lo que sí queremos lograr en la mañana de hoy.

## ¿Para qué la filosofía de la tecnología?

Ese es el título de esta teleconferencia. ¿Para qué la filosofía de la tecnología? Pues vamos a ver. Ustedes determinarán si sirve algún propósito.

(ESCENARIO)

Partimos de un escenario: una ingeniera con muchos años de experiencia en la profesión; desde hace tiempo parte del equipo ejecutivo de una empresa multinacional especializada en el diseño de sistemas de circulación y acondicionamiento de aire en planteles industriales. **Reintech** es el imaginario nombre de la imaginaria empresa. Originó en Alemania, pero en los pasados

veinte años ha crecido vertiginosamente. Sus oficinas, planteles y laboratorios están ubicados en Irlanda, en Puerto Rico, en la Argentina, y en Alemania.

**Reintech** goza de un buena reputación. Sus laboratorios son conocidos tanto por las investigaciones de punta que llevan a cabo en la disposición de las emisiones tóxicas que típicamente se producen dentro de planteles industriales, como por los diseños avanzados de sistemas de circulación de aire. La compañía ha sido exitosa controlando los costos de energía en los planteles aplicando conceptos de ecología industrial, usando tecnología limpia, y evitando producir deshechos que terminen dispersados en la tierra, en el agua o en la atmósfera.

En estos tiempos difíciles, **Reintech** no tiene proyectos nuevos. La única opción parece venir del norte. Una corporación francesa que regularmente produce misiles y contrata con gobiernos desea subcontratar a **Reintech** para que en consorcio con laboratorios en algunas de las más prestigiosas universidades de Europa y los Estados Unidos de América estudien como manejar ciertos materiales nuevos que son particularmente tóxicos. Estos materiales son también muy livianos, difíciles de detectar y fáciles de transportar por aire y por tierra. Los fondos que llegarían a la empresa a través del subcontrato incluyen partidas para hacer de los laboratorios de **Reintech** los más avanzados del mundo en su clase. Aunque los resultados no se verían inmediatamente, la colaboración con las universidades le daría a la empresa una ventaja competitiva que la ayudaría a colocarse mejor globalmente.

Los y las colegas en **Reintech Argentina** se lo han dicho a nuestra ingeniera: El contrato es ventajoso. Ayudaría a la empresa a sobreponer los malos tiempos. De otra manera, son muchos los colegas que quedarían desocupados---'cesanteados', como decimos en Puerto Rico. Sus empleos, aunque en muchos casos formalmente 'permanentes', son poco estables debido a las reformas laborales más recientes. El contrato---dicen los colegas---a lo mínimo ofrecería taller para los equipos de ingenieros y científicos actualmente destacados en los laboratorios de **Reintech** alrededor del mundo.

En las conversaciones que nuestra ingeniera ha tenido con sus contactos en la compañía contratante, le indican que los propósitos últimos son confidenciales por razones de seguridad. Son unos cuantos los gobiernos envueltos---los gobiernos de los países que componen el Tratado del Atlántico del Norte y otros más. En **Reintech** infieren que el acuerdo implica investigación fundamental para la manufactura limpia y segura de nuevas armas que presentan alguna ventaja estratégica en escenarios de guerra. La idea parece ser producir una generación avanzada de misiles para vehículos aéreos no tripulados (UAVs, por sus siglas en inglés), en despliegue hoy en el centro de Asia. **Reintech** no estaría produciendo las nuevas armas de guerra, pero estaría colaborando con el diseño de plantas industriales que las manufacturarían. Las plantas, sin duda, serían seguras para sus trabajadores. De eso se encarga **Reintech**. Y aunque fuera indirectamente, **Reintech** también estaría colaborando con el diseño de una transportación y activación segura de los misiles.

Nuestra ingeniera en **Reintech** no es ajena a la confidencialidad entre competidores industriales, pero ella no recuerda haberse encontrado con la seguridad del Atlántico del Norte. Siempre pensó que la misión de su empresa era proveer mejores y más limpias alternativas para la producción industrial de bienes de beneficio para la humanidad. Nunca pensó que sería llamada a colaborar con unos esfuerzos de guerra---o de defensa, como les quiera uno llamar---de unos países contra otros. Siente que la situación no le permite tomar una posición. No quisiera colaborar con el despido de gran parte de sus colegas, y menos con la eventual caída y desaparición de **Reintech**, pero tampoco quisiera colaborar en la producción de una poderosa arma de guerra con consecuencias que desconoce. Se siente involucrada en unas acciones con las que podría no concordar si tuviera la información, pero no parecen haber otras alternativas para **Reintech**.

#### PREGUNTAS QUE LLEVAN A OTRAS PREGUNTAS

El escenario no presenta ningún motivo para dar un grito de alarma, lo que es un tema recurrente en la ética. Tampoco nos brindaría mucha luz el Código de Ética

de alguna asociación profesional de ingenieros. La oportunidad que se le presenta a **Reintech** en tiempos tan malos es lo suficientemente ambigua para no chocar---al menos de frente---con la idea general de no hacer daño y hasta hacerle bien a la sociedad en el ejercicio legítimo de la profesión. Ya habíamos dicho que **Reintech** se encargaría de la seguridad y la limpieza en la producción y el manejo de los materiales tóxicos. No es un caso para la ética como tal. Las preguntas que surgen rebasan el paradigma ético de encontrar una solución a un problema de deliberación de un profesional particular, sea este profesional ingeniero, sea científico, sea contable o sea abogado, en todo caso comprometido con su empresa. La decisión final no corresponde a ningún particular, y menos aún a un solo tipo de profesional como nuestra ingeniera. La decisión corresponde a **Reintech**, es decir, corresponde a la empresa.

¿Debe **Reintech** rechazar o debe **Reintech** aprovechar una oportunidad como esta? Si es que sus ejecutivos están en la posición de participar seriamente en la toma de decisiones, ¿cuáles serían las condiciones, si alguna, que nuestra ingeniera pudiera proponer para que la empresa tomara una decisión informada? Estas son preguntas, digamos, macro-éticas que, una vez contestadas, llevarían a otras preguntas. Nuestra ingeniera, como ingeniera y como gerente con sentido de responsabilidad, entiende---a nuestro juicio, con razón---que debe haber un proceso de deliberación en el interior de la empresa. Ella entiende que la compañía misma, en consulta con los principales accionistas, debe estudiar el asunto antes de decidir. ¿Pero están **Reintech** y sus accionistas preparados para una deliberación de esa naturaleza? ¿Cómo se llevaría esto a cabo? ¿Está el mundo empresarial preparado para algo así?

No estamos planteando un escenario irreal. Es bastante común que un ingeniero pase a ser gerente luego de un número de años en una compañía como esta. El vago malestar moral de nuestra ingeniera, en parte por falta de información y en parte porque es un asunto colectivo que involucra sus valores sin ella haber invitado a nadie a involucrar sus valores, es bastante común en el mundo de la gerencia industrial. Y común es también la colaboración en un proyecto que viabiliza otro proyecto, o es necesario para llevar a cabo ese otro proyecto, y así

sucesivamente, presentando situaciones que pueden estar claras éticamente sólo dejando fuera aquello que no es afectado por uno directamente. Así es el mundo empresarial real. Es importante señalar, además, que las pocas empresas que podrían llevar a cabo el tipo de investigaciones científicas que aquí se requieren y proponer un diseño industrial apropiado son típicamente globales, pero siguen teniendo lazos nacionales y regionales en algún sentido. Sus ejecutivos, sean ingenieros, o vengan del mundo de las finanzas, el mercadeo, o la gerencia científica de hoy pueden ser oriundos de los Estados Unidos de América, como pueden ser alemanes, argentinos, hindúes, italianos o puertorriqueños. Y la empresa global sigue reflejando intereses de unos y no otros.

Vale aclarar que en los Estados Unidos de América, la investigación en asuntos de 'defensa' acapara alrededor del 51% de la investigación en ingeniería apoyada por el gobierno federal.<sup>1</sup> El *Center for Defense Information* del gobierno estadounidense estimaba en los 1990 que dos terceras partes de los científicos e ingenieros en el país trabajaban para compañías, instituciones y universidades que contratan con el Departamento de Defensa de ese país.<sup>2</sup> Esto es previo a las más recientes crisis militares.

En un escenario como el que hemos presentado, los intereses de unos gobiernos tienen formas de hacerse sentir. Los gobiernos no necesariamente tienen que ejercer presión en forma explícita, aunque puedan hacerlo. La mala situación económica global también tiene su forma de hacerse sentir. Y hasta el vago malestar moral en que se encuentra nuestra ingeniería en parte por carecer de

---

<sup>1</sup> Christopher M. Papadopoulos, "Including Questions of Military and Defense Technology in Engineering Ethics Education," *Proceedings of the ASEE Annual Conference and Exposition*. 22-25 junio 2008. Pittsburgh, PA. 20 sept. 2009.

<[http://search.asee.org/search/fetch;jsessionid=5n4j58pf28ech?url=file%3A%2F%2Flocalhost%2FE%3A%2Fsearch%2Fconference%2F17%2FAC%25202008Full2533.pdf&index=conference\\_papers&space=129746797203605791716676178&type=application%2Fpdf&charset=>](http://search.asee.org/search/fetch;jsessionid=5n4j58pf28ech?url=file%3A%2F%2Flocalhost%2FE%3A%2Fsearch%2Fconference%2F17%2FAC%25202008Full2533.pdf&index=conference_papers&space=129746797203605791716676178&type=application%2Fpdf&charset=>).

<sup>2</sup> Citado en Christopher Papadopoulos y Andrew T. Hable, "Engineering as an Enterprise of War and Peace," *Engineering in Context*, eds. S.H. Christensen, B. Delahousse, and M. Meganack (Copenhagen: Academica, 2009) 383-95

información tiene su forma de hacerse sentir. Es posible que otros de los ejecutivos de la empresa estén padeciendo un mal análogo, algunos y algunas prestándole tanta importancia al asunto como ella, y otros menos. Debemos darnos cuenta que este complejo enjambre de falta de información e intereses y presiones que se hacen sentir comúnmente culmina en una decisión final puramente 'práctica', como se suele decir en círculos no filosóficos, querámoslo o no: '**Se hará lo que conviene a la empresa.**' Esas son las palabras que dan fin al asunto.

Es una decisión **extra-moral**---podemos observar ahora desde la perspectiva filosófica---una decisión tomada, no tanto más allá de la ética y de la macro-ética que mencionábamos, como fuera o al margen de ella. Este tipo de decisión es casi una ley de la vida en ciertos círculos, aunque ley de la vida---les aseguro---no es. El hecho es que estas situaciones tienden a resolverse armonizando económica y eficazmente los fines de la empresa con los medios a su disposición, los medios en este caso siendo la oportunidad que se le ha presentado a la empresa para mantener su competitividad.

Reina lo que podemos denominar **el criterio burocrático**. Este criterio no se refiere a la burocracia gubernamental exclusivamente. Tiene vigencia tanto en la empresa privada, como en la gestión pública, y tiene vigencia en el acoplamiento público-privado que nos presenta el caso en discusión. Se hace lo que conviene. Presentamos este criterio burocrático de **armonizar económica y eficazmente los fines de la empresa con los medios a su disposición** siguiendo al eticista Alasdair MacIntyre, quien a su vez sigue la teoría de la burocracia del sociólogo del siglo diecinueve Max Weber.<sup>3</sup> ¿Cómo podría una organización como **Reintech** atender estos tipos de conflictos que no fuera burocráticamente? ¿Tenemos alternativa alguna? Atrevernos a pensar que pudieran haber CRITERIOS MUCHO MEJORES PARA ESTOS CASOS Y OTROS ANÁLOGOS, nos acerca un poco a dónde queremos llegar: a la filosofía de la tecnología.

---

<sup>3</sup> Para un análisis del contexto social en que el criterio burocrático viene a sustituir el criterio ético, véase Alasdair MacIntyre, *Tras la virtud*, trad. Amelia Valcárcel (Barcelona: Crítica, 2001) 40-55

La decisión burocrática es comúnmente avalada casi inconscientemente. Pensemos en los cientos de científicos e ingenieros no ejecutivos que pudieran estar asignados a los laboratorios de **Reintech** que mencionamos. Ya hemos aludido al temor a la desocupación. ¿Qué esperar de los colegas? Estos valiosos ingenieros y científicos probablemente también tienden a articular lo que hacen en forma puramente técnica. Por ejemplo, un ingeniero en computadoras trabaja en un algoritmo para optimizar el flujo del aire, un científico investiga posibles usos de un nano-material orgánico para purificar fluidos de diferente tipo, o una ingeniera eléctrica diseña un sistema de conversión de potencia que recupera el exceso de energía térmica en el sistema y la reusa para disminuir el consumo neto de energía eléctrica. Unos más y otros menos, todos y todas tienden a trabajar en forma fragmentada. Me atrevo a apostar que la gran mayoría no tienen idea de las implicaciones de un asunto ético transformándose casi desapercibidamente en asunto burocrático. Cada uno puede estar bien poco enterado de los fines a los que contribuye o el conjunto que ayuda a construir. Ese es el mundo en que vivimos: mucha gente haciendo esto y aquello, cada cual en su cubículo, por así decirlo, a espaldas del conjunto tecnológico que va cambiando ese mundo en que vivimos.

Me explico. **Los arreglos tecnológicos que van con las decisiones burocráticas que de hecho se toman presentan asuntos de tremenda importancia para el mundo entero.** La fragmentación del trabajo ingenieril es uno de esos arreglos tecnológicos. Es un tipo de actividad tecnológica. ¿Pero qué hacer ante el descuido o ante el desconocimiento de los fines que tienden a acompañar ese trabajo fragmentado? ¿Es este trabajo ‘encubiculado’ indicador de algún modo de progreso para la humanidad? Más importante aún, ¿qué efecto tendrá para la humanidad que las decisiones en tiempos globales se tomen en creciente medida burocráticamente, sea en el ámbito público, en el privado, o en el acoplamiento público-privado que nuestro caso nos presenta? Obviamente no es un efecto necesariamente positivo, sobre todo porque las decisiones en múltiples maneras pasan de largo aquel vago malestar ético que nuestra ingeniera tenía.

Burocráticamente se deciden la gran mayoría de las inversiones de los fondos que ustedes y yo depositamos en los bancos comerciales todos los días. Los fondos se invierten donde convenga, donde provean el mejor rendimiento. Y burocráticamente se tienden a decidir asuntos como el que hemos planteado. No nos hemos engañado si previo a esta conferencia o durante la misma, hemos concluido que el mundo en gran medida se hace ciegamente. Es lo que uno de los más importantes filósofos de la tecnología, Langdon Winner, nos planteaba desde la década de los ochenta: estamos tecnológicamente a la deriva.<sup>4</sup>

## FILOSOFÍA DE LA TECNOLOGÍA

Una decisión con carácter extra-moral por parte de una empresa como Reintech por sí sola no altera el rumbo de la historia humana (¡claro!), pero si me aceptan que estas decisiones burocráticas son muy comunes en la industria, entonces nos toca calibrar un gran impacto en el futuro humano. ¿Por qué?

Postulemos que **una tecnología es cualquier artefacto, actividad o conocimiento que muestra un marcado esfuerzo humano en optimización**. Si con cierto artefacto logramos un conjunto de fines humanos en forma---como decimos---‘eficiente’, eso es una tecnología. Algo análogo podemos decir de una actividad y de un conocimiento. Nuestros artefactos, actividades y conocimientos tienden a mostrar esfuerzos en eficiencia u optimización. No debemos tardar en percarnos que toda **optimización es relativa a los fines que consciente o inconscientemente se persiguen**. Si logramos un conjunto de fines humanos en forma ‘más eficiente’ que lo que lográbamos antes, no necesariamente hemos ‘avanzado’. Las decisiones burocráticas impactan ciegamente el futuro humano en general porque no contemplan pregunta o contestación alguna en torno a si lo que ellas hacen más eficiente u optimizan es lo que hemos de hacer más eficiente u optimizar.

---

<sup>4</sup> Para argumentos más amplios en torno a estar tecnológicamente a la deriva, véase Langdon Winner, *La ballena y el reactor: Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*, trad. Elizabeth B. Casals (Barcelona: Gedisa, 1986) 21-26

Para explicarme, me alejo un poco del escenario inicial. Volveremos al mismo con un poco de más claridad. Una teleconferencia como esta puede ser muy efectiva para lograr unos propósitos que ustedes y yo podamos tener.

Intercambiamos y aclaramos unos conocimientos y unas impresiones iniciales acerca de estos conocimientos. Damos comienzo a una relación de trabajo que podría dar frutos en un futuro. Ese es su peculiar modo de optimización. Pero en la medida en que las tecnologías de información y comunicación a distancia facilitan unas gestiones globales, dichas tecnologías contribuyen al fortalecimiento de unos intereses sobre otros. Esto último también corresponde al peculiar modo de optimización de estos tipos de tecnología. En el caso de la educación universitaria, si la tele-inmersión no da paso a encuentros presenciales que fortalezcan cada gestión universitaria local---ustedes allá en Córdoba y nosotros acá en Puerto Rico---eventualmente unas universidades vendrán a ser estaciones repetidoras de otras. Es lo que está aconteciendo, por ejemplo, con la televisión. Para bien o para mal, al menos en Puerto Rico, ¿qué ha sobrevivido de la televisión local? Nada. ¿Qué implicaciones tiene este debilitamiento de lo local en lo que concierne a diversidad global y en lo que concierne a la calidad de los empleos en una localidad, por ejemplo? En lo que nos entregamos a lo que podemos hacer con las tecnologías de información y comunicación a distancia, poco pensamos en lo que pudiéramos estar dejando de hacer.

Comúnmente se parte de la premisa que el mundo que hemos venido construyendo con la ayuda de la tecnología moderna es algún modo de progreso para la humanidad. En esta conferencia hemos hablado de una empresa imaginaria conocida por investigaciones *de punta* y por diseños *avanzados* de sistemas de circulación de aire. Hemos hablado de unos equipos también *avanzados*, de tener los laboratorios *más avanzados* y de lograr ventajas competitivas, por supuesto, para ser los primeros en llegar a ese mundo *más avanzado*. Hemos hablado hasta de la producción de una generación *avanzada* de misiles para vehículos aéreos no tripulados. ¿Qué queremos decir con equipos, tecnologías y diseños 'avanzados', con investigaciones 'de punta', y con

'lograr ventajas competitivas'? ¿Investigaciones, diseños y tecnologías de punta o avanzadas con relación a qué fines? ¿Ventajas competitivas con relación a qué futuro particular al que tanto la competencia como nosotros, al parecer, queremos llegar? ¿Qué conocemos de ese futuro? ¿Es el futuro al que queremos llegar?

La tecnología---sea moderna, o sea otra, sea diferente---posee un gran poder de transformación del futuro humano. Por tanto, es importante que abordemos la pregunta de la tecnología que queremos. Ese es el espacio que hemos venido a ocupar. ¿Qué es la filosofía de la tecnología? **La filosofía de la tecnología estudia lo que la tecnología es y lo que la tecnología debe ser. Estudia también cuando es buena, pues no siempre lo es y es importante para todos y todas que lo sea.** Uno de los problemas del pensamiento socialista clásico y contemporáneo al querer confrontar el capitalismo---que es mucho más de lo que la filosofía de la tecnología quiere confrontar---es precisamente que ese socialismo tiende a pasar de largo la pregunta de si la tecnología actual es buena y generalmente asume que lo es.

Volviendo a **Reintech**, un diseño de un sistema de circulación de aire puede ser avanzado sólo con relación a unos fines y sólo en forma comparativa. Lo mismo estamos obligados a decir de un diseño avanzado de misiles o de las tecnologías de información y comunicación. Lo primero puede tener que ver con unas alternativas más limpias que otras, unas alternativas que producen pocos desperdicios o ninguno. Lo segundo puede tener que ver con poder atacar un objetivo militar con gran precisión y desde muy lejos, presentando la posibilidad de poder disminuir y eventualmente prácticamente eliminar la necesidad de reclutar ejércitos ciudadanos para hacer la guerra, lo que puede redundar en la centralización del poder militar y en menos oposición popular a intervenciones militares. Esto a su vez presenta un conjunto de preguntas políticas en torno a la manera en que quizás queremos involucrar a la ciudadanía en las decisiones militares de un país, una región o el mundo entero. Lo tercero, las tecnologías de información y comunicación, presentan también un número de preguntas en torno a la relación que pudiéramos querer entre lo lejano y lo cercano y un

número de preguntas acerca de proteger y promover la diversidad en un mundo globalizado.

¿Qué es avanzar o progresar si no es dar unos pasos adelante? Digamos que, en nuestro escenario, dejamos a un lado las dudas de tipo moral y político que podamos tener. Digamos que las investigaciones con fines militares rindieran frutos y que esos frutos llegaran efectivamente a parecer ser adelantos tecnológicos muy positivos para la humanidad. ¿Cómo compararían esos frutos con los frutos de otras investigaciones que no se llevarían a cabo porque las que tomaron su lugar fueron las investigaciones de interés para las fuerzas armadas? ¿No es razonable imaginarnos que los frutos de esas otras investigaciones pudieran haber sido más positivos para la humanidad? Hay quién dice que urge avanzar con más lentitud para conocer mejor lo que hacemos; pero la tarea puede requerir un cambio en dirección, que no es lo mismo que ir en la misma dirección con más calma. Porque las tecnologías que elegimos nos encaminan, por así decirlo, la pregunta de comparar los frutos de unas investigaciones con los frutos de otras investigaciones que tuvieran de partida un fin puramente civil no es trivial. Con las tecnologías que elegimos damos pasos en una dirección y no en otra, y una vez las tecnologías que elegimos adquieran cierto *momentum*, para usar un término clave del historiador de la tecnología Thomas Hughes, se hace prácticamente imposible tomar otro rumbo.<sup>5</sup>

Lo importante aquí es que no tenemos por qué presumir que los pasos que de hecho damos son pasos hacia al frente, aunque los términos ‘tecnología nueva’ y ‘tecnología avanzada’ en boca del pueblo tiendan a significar lo mismo. Más bien los pasos que damos presentan unas interrogantes más allá de los asuntos éticos y más allá del oscurecimiento y la evasión de dichos asuntos haciendo uso del criterio burocrático. Para dar un ejemplo particularmente claro hoy: Una vez el automóvil adquiere *momentum* como el medio de transporte urbano en un país, las ciudades de ese país asumen un diseño y no otro, toman una configuración

---

<sup>5</sup> Para un estudio histórico del momentum en el despliegue de la red eléctrica en los Estados Unidos, véase Thomas Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society 1880-1930* (Baltimore: John Hopkins University Press, 1983).

que acomoda al automóvil y no otra. Miremos el problema ambiental que Pekín presenta al mundo registrando 20,000 autos nuevos al mes.<sup>6</sup> Cientos de ciudades en toda la China tienen a Pekín por modelo, como si Pekín estuviera en algún modo de delantera, como si fuera la ciudad más avanzada en lo que concierne a transportación. Monopolio tecnológico, le llamaba el filósofo de la tecnología Ivan Illich a este fenómeno automovilístico.<sup>7</sup>

La filosofía de la tecnología es importante porque el tema de la tecnología no se atiende únicamente con ética. Ningún ejecutivo puede resolver aquel enredo por cuenta propia; tampoco una empresa particular puede hacerlo. La sociología de la tecnología viene por décadas diciéndonos que la tecnología es construida socialmente, esto sobre una base técnica, por supuesto. Y tiene razón. La filosofía de la tecnología se hace preguntas en torno al valor de esas construcciones sociales, el valor de los artefactos, actividades y conocimientos que muestran un marcado esfuerzo en optimización.

La misma necesidad de movilizar una empresa como **Reintech** y un número de universidades prestigiosas *marcha al compás de querer avanzar* con sistemas tecnológicos que requieren grandes inversiones de capital; *marcha al compás de querer progresar* a través de sistemas que por su peculiar complejidad requieren gran escala. Por su relación con materiales altamente tóxicos, la imaginaria iniciativa de aquellos gobiernos *marcha también al compás de querer avanzar* necesitando complejos sistemas de seguridad industrial e internacional; *marcha al compás de querer avanzar* a través de sistemas centralizados que dependen de compromisos políticos en ausencia de información, y que generan indiferencia, burocratización y desigualdad, oscureciendo el poder de deliberación de los individuos en contextos locales y diversos.

---

<sup>6</sup> Bill McKibben, “¿China puede volverse verde?” *National Geographic en español* 28.6 (junio de 2011) 31.

<sup>7</sup> Para una crítica de los monopolios tecnológicos véase Iván Illich, *La convivencialidad*, trad. Matea P. de Gossman y José María Bulnes (México, DF: Joaquín Mortiz, Planeta, 1985) 80-88.

Sistemas tecnológicos que requieren grandes inversiones del estado tienden a hacerse inmunes al criterio de tecnología limpia, uno de los fines originales de **Reintech**. Tienden a hacerse inmunes a todo tipo de criterio que no sea el criterio burocrático. Entre los criterios que se sacrifican, está el de mantener múltiples opciones. El criterio de la diversidad nos protege de los errores que podamos cometer cuando, como decimos, ponemos todos los huevos en una sola canasta. También está la pregunta acerca de los materiales con los que hacemos el mundo. ¿Hasta qué punto tenemos que elegir los materiales tóxicos, los que nos presentan peligros y grandes riesgos y requieren complejos sistemas de seguridad, sobre materiales que todo el mundo puede manejar? Lewis Mumford, otro filósofo de la tecnología, hablaba de técnicas democráticas y técnicas autoritarias.<sup>8</sup> ¿Por qué no hablar también de artefactos democráticos y artefactos autoritarios?

¿Para qué la filosofía de la tecnología? La tecnología siempre es un tipo de acción cultural y política. Por eso necesitamos la filosofía de la tecnología: porque tecnologías que podemos asociar a otra cultura tecnológica y a otra política futura---tecnologías alternas y más apropiadas---son posibles. Para empoderar la profesión de la ingeniería nosotros concluimos que es necesario insertar esta disciplina en sus currículos, como también tenemos que insertarla en los currículos de finanzas y en los que tienen que ver con el importante espíritu empresarial en general. El cambio comienza con los individuos que forman los pueblos y que forman también los colectivos empresariales que toman gran parte de las decisiones.

---

<sup>8</sup> Lewis Mumford, "Técnicas autoritarias y democráticas." *Tecnología y Cultura*, comps. Melvin Kranzberg y William H. Davenport, trad. Esteve Riambaud i Saurí. (Barcelona: Gustavo Gili, 1978) 52-61.

# Página12

Viernes, 16 de agosto de 2013 | Hoy

## El desafío de los diez mil ingenieros

### ENTREVISTA A MIGUEL ANGEL SOSA, TITULAR DEL CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERIA

Sosa describe los problemas de formación con que llegan los estudiantes a las carreras de Ingeniería y explica que las facultades trabajan para mejorar las tasas de graduación. El objetivo es llegar, en 2016, a una tasa de tres egresados por cada diez alumnos.

En la Argentina egresan sólo dos de cada diez estudiantes de Ingeniería y, en total, se gradúan unos 6500 ingenieros al año. A partir de esos datos, que maneja el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (Confedi), las facultades del sector apuntan a llegar en 2016 a los diez mil egresados por año, a un ingeniero cada cuatro mil habitantes. Miguel Angel Sosa, presidente del Confedi, asegura en esta entrevista con Página/12 que la meta es que de cada diez alumnos inscriptos en Ingeniería se reciban tres. Considera que en las escuelas secundarias "falta formación" en ciencias duras y sostiene que las escuelas técnicas "son una fuente fundamental" para la formación de ingenieros. Sosa propone "un acuerdo nacional" para que las facultades de Ingeniería trabajen en conjunto con las escuelas medias.

#### –¿Cuántos ingenieros se gradúan por año?

–Actualmente estamos cerca de los 6500 egresados, pero la meta es llegar a los 10 mil ingenieros por año. Apostamos a una meta moderada cuando hay países que presentan metas de un ingeniero cada dos mil habitantes. Nosotros queremos llegar a un ingeniero cada cuatro mil habitantes para 2016. Uno de nuestros objetivos es llegar al 30 por ciento de graduados sobre ingresantes, y aún no lo estamos consiguiendo. Esto es, que de cada diez estudiantes que se inscriben se reciban tres, cuando actualmente estamos por arriba de dos. Pero hace diez años se recibían menos del diez por ciento.

#### –¿Qué causas determinan que muchos estudiantes no terminen las carreras de Ingeniería?

–Hay una gran deserción de los alumnos, sobre todo en los primeros años, debido a la crisis de formación en el nivel medio. Esto genera deserción, pero también escasa cantidad de ingresantes. También existe un fenómeno nuevo: los alumnos más avanzados tardan mucho en recibirse porque ya están trabajando prácticamente como ingenieros. Eso hace que se retrase sensiblemente su graduación.

En toda la Argentina, es seguro que hay más de treinta mil estudiantes que aprobaron 26 asignaturas o más y no terminan sus carreras porque son requeridos en el mundo laboral, y eso es por la gran demanda de ingenieros.

**-¿Pero cuáles son los problemas concretos que enfrentan los estudiantes de Ingeniería?**

—Existe el problema de la formación en ciencias básicas que recibieron en el nivel medio. Esto hace que los jóvenes no desarrollen vocación por las ciencias duras, como la matemática y la física, que son indispensables para la ciencia, la tecnología y las carreras de Ingeniería.

**-¿Qué aspectos se están teniendo en cuenta para revertir ese fenómeno?**

—Por un lado, estamos llevando a cabo un proceso de internacionalización. El Confedi está tratando de estrechar lazos con las facultades de Ingeniería de Italia y estamos trabajando fuertemente en la integración en Latinoamérica. Estamos trabajando en un acuerdo de movilidad e intercambio de alumnos, docentes e investigadores. Creemos que hay que seguir contribuyendo a la integración latinoamericana desde la Ingeniería. Es un espacio desde el que podemos abordar problemáticas comunes. Otro aspecto tiene que ver con el desarrollo territorial. Las facultades de Ingeniería están dispersas por todo el país, en territorios con distintas problemáticas. Cada facultad debe mirar sistemáticamente a su entorno y plantear su desarrollo en función de las necesidades de ese entorno. Entendemos que se debe establecer ese reconocimiento a nivel de una política universitaria.

**-¿Qué se puede hacer para motivar a los jóvenes a estudiar Ingeniería?**

—Puertas adentro se ha hecho mucho. Todas las facultades tienen un curso de nivelación. Todas las facultades tienen una gran preocupación por ayudar a los jóvenes que potencialmente tienen capacidades pero que necesitan apoyo. Puertas afuera, cada facultad ha hecho la articulación que ha podido con las escuelas de nivel medio de su región de influencia. Lo que necesitamos es un acuerdo nacional, donde los ministros de Educación de las provincias acuerden con el ministro de Educación de la Nación para que las escuelas secundarias trabajen codo a codo con las universidades y, en particular, con las facultades de Ingeniería. Es algo que aún no hemos logrado. Las escuelas secundarias son instituciones estancadas, donde no tenemos la posibilidad de colaborar para que el egresado de nivel medio mejore su formación.

**-¿Cuáles son las ingenierías más demandadas por las empresas?**

-Todas las ingenierías están siendo muy demandadas. En Ingeniería en Sistemas de Información se presentan muchos alumnos, pero la especialidad es tan demandada que sigue habiendo vacantes. En Ingeniería Eléctrica tenemos gran escasez de estudiantes y de graduados. Son carreras que por distintos motivos no se eligen. La desaparición de las escuelas técnicas fue un problema, más allá de que hace algunos años se reestablecieron: son la fuente fundamental para las ingenierías.

Entrevista: Federico Funes.



# Tecnología y Sociedad

Aquiles Gay

Disertación con motivo de la investidura como doctor honoris causa  
por la Universidad Nacional de Córdoba, 1º de octubre de 2008

Mi agradecimiento por esta distinción, a la Universidad Nacional de Córdoba, a la Rectora Dra. Carolina Scotto y al Prof. Ing. Gabriel Tavella, Decano de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales que generó la iniciativa.

Dentro del marco de este acontecimiento me parece apropiado plantear un tema de actualidad como es "**la tecnología y su vinculación con el desarrollo social**", tema que está adquiriendo cada vez más relevancia como consecuencia del surgimiento, en los campos de la informática y de las biotecnologías, de nuevas tecnologías que están cambiando nuestros hábitos y nuestra visión del mundo.

Por lo tanto el sistema educativo debe profundizar el enfoque de la "**tecnología**", sobre todo teniendo en cuenta que como actividad su objetivo básico es, o debería ser, brindar respuestas a problemas o demandas de la sociedad buscando **mejorar la calidad de vida**; lo que no siempre se cumple pues los factores de poder han hecho de la tecnología la principal herramienta en la búsqueda del dominio económico y social, y para, ellos el objetivo prioritario es, satisfacer apetitos comerciales o políticos y no solucionar problemas sociales.

A esto se agrega que algunas veces, por falta de previsión: la solución de un problema genera otros, y en algunos casos graves.

Dadas las características sociales de la tecnología, su enfoque desde el campo de la educación no debe ser solamente técnico, sino también sociohumanístico, y abarcar todos los niveles de la enseñanza (primario, secundario, terciario y universitario), buscando desarrollar una **cultura tecnológica**. Dentro de este planteo, la formación en las ramas técnicas debe integrar lo sociohumanístico a lo técnico-profesional.

Necesitamos un pueblo con cultura tecnológica para que pueda colaborar en el desarrollo tecnológico y también participar con idoneidad en su control social.

Teniendo en cuenta que la tecnología es una continuidad de la técnica, asociamos el objetivo que hemos mencionado ("mejorar la calidad de vida"), al mito griego de Prometeo, mito que plantea la razón de ser de la técnica.

Según el mito de Prometeo, los dioses del Olimpo le ordenaron a los hermanos Prometeo y Epimeteo que repartieran facultades naturales entre los seres vivos (fuerza, tamaño, garras, velocidad, posibilidad de volar, pelambre como protección contra las inclemencias del tiempo, etc.); pero Epimeteo que las repartió, se olvidó del hombre, que quedó desnudo, descalzo, desprovisto de medios de defensa, es decir privado de todo lo que le posibilitara sobrevivir. Frente a este hecho, y para evitar la extinción del ser humano, Prometeo decidió remediar la desafortunada repartición y robó del Olimpo el fuego (de Zeus) y con el fuego el saber técnico (de Atenea), dándoselos en dono a los hombres, lo que provocó la indignación de Zeus que temió que los hombres se convirtieran en dioses, y castigó duramente a Prometeo.

Basándose en este mito hoy se habla de una visión **prometeica**, que postula la tecnología como colaboradora del hombre, es decir puesta a su servicio, y en este sentido nosotros la asumimos.

Pero estamos frente a un problema, el hombre; con la tecnología en sus manos y sin tener en cuenta posibles secuelas, se ha lanzado a aventuras que abren muchas incógnitas, y en algunos casos sus cuestionadas consecuencias ya las estamos viviendo, al respecto podemos mencionar:

- Graves problemas de sustentabilidad ambiental;
- La tecnología puesta al servicio de la muerte (en otras palabras de la guerra) y de ambiciosas conquistas;
- La manipulación de la vida, y aquí no sabemos hasta dónde se piensa llegar; etc.

Es decir que se estaría concretando lo que temía Zeus, que algunos hombres se creyeran dioses, dueños del mundo, incluyendo los seres humanos, y además creadores de vida.

Frente a esto podemos hablar de una visión **fáustica** de la tecnología asociándola a la leyenda de Fausto que vendió su alma al diablo a cambio de intereses personales (juventud, fama, etc.) y poderes terrenales, pero en esa transacción Fausto terminó perdiendo el control de su accionar, que adquirió vida propia.

Para la sociedad humana el peligro que se abre es, que el prometeísmo le ceda paso a una tecnología con visión fáustica que ya no responda a problemas o demandas de la sociedad, sino que hasta se fije sus propias metas.

La tecnología no estaría más al servicio del hombre, sino el hombre al servicio de la tecnología. Es decir, la tecnología, por la tecnología; o como sucede en muchos casos, la tecnología al servicio del poder.

Como ejemplos: las tecnologías contaminantes, o las que prescinden de los problemas humanos que generan; o los costosos viajes y conquistas espaciales, que cautivan por la aventura que representan, pero fríamente vistos admiten serios cuestionamientos frente a críticos problemas de subsistencia de muchos habitantes del planeta. Ante estos hechos habría que preguntarse: a qué intereses responden y a quiénes favorecen.

El problema que tenemos es revertir esa tendencia fáustica de la tecnología, pero para eso necesitamos contar con un pueblo que pueda opinar con solvencia sobre estos temas, y actuar en consecuencia. Por lo que debemos dedicarnos a la alfabetización en el campo de la tecnología, y al desarrollo de una cultura tecnológica. Si buscamos hacer un análisis histórico de la evolución de la tecnología hay que retrotraerse a la técnica, precursora de la tecnología, cuyos antecedentes se remontan a los orígenes del hombre, y tener en cuenta que su desarrollo fue relativamente lento hasta que un hecho técnico que tuvo lugar en Europa alrededor de los siglos XI y XII cambió su ritmo, este hecho fue la introducción de **la máquina** en la estructura de producción de bienes y servicios, y **la máquina** fue el molino, pero no sólo para moler granos, como lo sugiere su nombre, sino el molino como fuente de energía mecánica para accionar mecanismos: sierras para cortar maderas, fuentes de fraguas, martinetes, bombas de agua, dispositivos bielas-manivela, etc.

Los primeros molinos que se utilizaron fueron los de agua y más tarde los de viento,

Es decir que en Europa comienza, por primera vez en la historia humana, el reemplazo sistemático de actividades físicas o musculares del hombre o de los animales por la máquina (el molino) y como consecuencia la mecanización de las actividades productivas, un hecho histórico que marca una ruptura con el mundo tradicional y el comienzo de la gestación del mundo actual.

Esta ruptura con el mundo tradicional la pone de manifiesto Cervantes cuando narra el episodio del hidalgo caballero Don Quijote frente a los Molinos.

Don Quijote, un defensor de la civilización de la caballería una civilización en retirada frente al avance de la técnica, se encuentra con los molinos, los asume como lo que son, la representación de la técnica, y en su locura busca destruirlos diciendo «*es gran servicio de Dios quitar tan mala simiente de sobre la faz de la tierra*». El supuesto idílico romanticismo de la caballería andante se enfrentaba con el pragmatismo de un nuevo mundo que nacía gestado por la técnica; el caballero con su lanza en ristre poco o nada podía hacer frente a los desarrollos técnicos (por ejemplo las armas de fuego).

Possiblemente con ese episodio Cervantes quiere dejar constancia que a la España de su época le costaba aceptar este nuevo mundo que rompía con el mundo tradicional, y buscando caricaturizar la situación, califica a los molinos (es decir a la técnica) como cobardes y viles criaturas.

La actividad técnica durante la Edad Media fue intensa algunos de los inventos que tuvieron lugar durante ese período sentaron bases del mundo moderno, por ejemplo el reloj mecánico, la máquina más compleja de la época, hizo su aparición en el siglo XIII.

La invención del reloj mecánico marca una importante ruptura con el mundo natural, a partir de entonces ya no será más la salida del solo el canto del gallo lo que señalará el comienzo del día, sino el reloj, que además condicionará el ritmo de todas las actividades cotidianas.

Con el tiempo el hombre pasó a ser esclavo del reloj.

Cómo corolario de los cambios técnicos mencionados, y de sus consecuencias, podemos hablar de una **Revolución técnica** en el medievo, y de una **cultura técnica**, que se generó debido a la presencia de la máquina en múltiples actividades del quehacer cotidiano.

Los logros técnicos del medievo hacen que el hombre europeo comience a tomar conciencia de su capacidad para utilizar y hasta dominar fuerzas de la naturaleza, lo que le acrecienta la confianza en sí mismo y mentalmente empieza a superar una sensación de sujeción, de subordinación, casi podríamos decir de obediencia y de respeto frente al mundo natural en el que está inmerso, y a sentirse liberado en parte de ataduras dogmáticas, y dueño de sí.

En consecuencia asume una posición de importancia frente al mundo, que se puede detectar en diversos campos, por ejemplo en la pintura, donde se comienzan a representar personas de la vida real y no solamente escenas y personajes religiosos; o en la literatura donde Petrarca no se centra en Dios sino en el ser humano (en su Laura); o en Dante qué, asumiendo el papel de autoridad divina se arroga el derecho de juzgar a sus contemporáneos,

La concepción teocéntrica de la vida, dio paso a una concepción antropocéntrica. Es entonces cuando surge en Italia y se expande por Europa ese fenómeno de la humanidad llamado Renacimiento, movimiento polifacético (artístico, intelectual y también técnico) que simbólicamente coloca al hombre en el centro del universo, le asigna un lugar que estaba reservado a Dios, y lo considera el referente de todo.

El desarrollo técnico del medievo desempeñó un rol importante en el surgimiento del Renacimiento.

El desarrollo de la técnica en Occidente contribuyó a cambiar la faz del mundo. La expansión geográfica de la civilización occidental, desde su cuna Europa, hacia prácticamente todo el planeta, si bien respondió a consideraciones de orden político, social, económico, etc., fue factible gracias a los adelantos técnicos que permitieron el gran despliegue de poder y de eficacia que posibilitó a Europa imponer su poderío.

Los progresos en la navegación marítima y los conocimientos que aportó, e inventos técnicos como la imprenta y el telescopio entre otros, originaron grandes cambios culturales que coadyuvaron en la llamada revolución científica de los siglos XVI y XVII, posiblemente la más profunda revolución del pensamiento humano.

La ciencia moderna reconoce y remonta sus orígenes al tiempo en que sabios como Galileo Galilei (1564-1642), Francis Bacon (1561-1626), René Descartes (1596-1650), Isaac Newton (1642-1727) y otros, comienzan a investigar temas vinculados al comportamiento del mundo natural, planteándose preguntas (los porqués) y buscando respuestas apelando a la investigación experimental. Se puede decir que a partir de entonces el hombre, a través de la experimentación, **pregunta a la naturaleza** tratando de descubrir las leyes que rigen su accionar.

Preguntar buscando respuestas a planteos o inquietudes frente a lo desconocido, que fue el origen del nacimiento de la ciencia moderna, sigue siendo la forma básica de adquirir conocimiento.

#### **Todo conocimiento es la respuesta a una pregunta**

Este nuevo enfoque de la ciencia, basado en la observación, el razonamiento y la experimentación, se gestó vinculado con la técnica, que proporcionó los instrumentos (el telescopio, la balanza, los elementos de medición, etc.) que permitieron la ampliación del campo de la observación y de la experimentación, y por ende el surgimiento de la ciencia moderna, que nació con el auxilio de la técnica.

Si bien el progreso técnico se caracteriza por un desarrollo ininterrumpido, su ritmo tuvo un salto en el siglo XVIII, como consecuencia de transformaciones revolucionarias que fueron el resultado de una serie de hechos interrelacionados que tuvieron lugar en Gran Bretaña y terminaron por trastocar el sistema social vigente.

Entre estos hechos podemos mencionar la expansión comercial británica y la ampliación del mercado de sus productos (las telas), lo que planteó la necesidad de una mayor producción, y aquí surgió un problema, la escasez de hilo (hasta entonces hilado manualmente en ruecas), y entonces, respondiendo a necesidades del mercado, nace la hiladora mecánica, **el primer reemplazo sistemático de, una actividad manual del hombre por la máquina**. Al poco tiempo la producción de hilo supera los requerimientos de una producción de telas todavía artesanal, y surge otro invento, el telar mecánico; **un segundo reemplazo, en la estructura de producción, de una actividad manual del hombre por la máquina**.

Esas máquinas requerían fuerza mecánica para accionarlas, y en un principio lo único con que se contaba era la que suministraban los molinos de agua (con las limitaciones tanto geográficas como climáticas que se planteaban), hasta que James Watt puso a disposición de esta nueva forma de producción su máquina de vapor. La máquina de vapor de Watt fue el factor clave que posibilitó lo que más tarde se llamó la Revolución industrial, pues permitió la amplia disponibilidad de energía para reemplazar tanto el esfuerzo físico o muscular como el manual del hombre (sin su presencia la Revolución industrial no hubiera sido posible). Pero hay que dejar constancia que el disparador de esta revolución no fue la máquina de vapor, sino el reemplazo de actividades manuales del hombre por la máquina, en este caso por la hiladora y el telar mecánico; y generalizando, el reemplazo de actividades manuales del hombre por la máquina-herramienta.

Con la máquina-herramienta, la herramienta que se utiliza en la fabricación ya no está en la mano del hombre como sucede en las actividades artesanales, sino en la máquina (en la máquina-herramienta), el hombre maneja la máquina pero no maneja directamente la herramienta.

Márx en su libro El Capital dice, la máquina-herramienta fue la que inauguró la Revolución industrial. Un ejemplo de la vida hogareña que señala el reemplazo de una actividad manual del hombre por la máquina es la máquina de coser. En este caso la aguja, que es la que efectúa la costura, es parte de la, máquina y no está en la mano del ser humano, si bien éste maneja la máquina, no maneja la herramienta (es decir no maneja la aguja).

El reemplazo de actividades manuales del hombre por la máquina y la introducción de la máquina, de vapor de Watt, marcan el surgimiento de la **Revolución industrial**, entendiendo como tal no sólo cambios en el esquema de producción, sino y sobre todo, las transformaciones que estos cambios provocaron en la estructura social. Esta revolución tuvo lugar a lo largo de los años 1760 a 1830. Durante este período la técnica, históricamente empírica, se vincula con la ciencia y se comienzan a sistematizar los métodos de producción. Es en esa época cuando surge el concepto y el término "tecnología" (antes este término no se usaba o no existía, recién aparece en publicaciones de la segunda mitad del siglo XVIII). La tecnología, si bien es una continuidad de la técnica, plantea una nueva forma de pensar, de razonar, de actuar y de producir.

Hoy la tecnología está omnipresente, la casa, el automóvil, el avión, la radio, la televisión, el teléfono, los electrodomésticos, y la, mayor parte de los objetos cotidianos, son productos tecnológicos, por lo tanto productos, humanos, y como tales productos artificiales; en consecuencia podemos decir que la artificialidad, y lógicamente la tecnología generadora de esta artificialidad, enmarcan la vida diaria y condicionan nuestras actividades, nuestro comportamiento, por lo tanto nuestra cultura que lleva el sello de la tecnología.

La **Revolución industrial**, íntimamente asociada a la tecnología, abrió el camino a la **Sociedad industrial**, estructura social que en parte todavía estamos viviendo. Pero hemos entrado en una nueva etapa de cambio.

Esta nueva etapa, que nace relacionada con la comunicación instantánea a distancia, primero vinculada a la electricidad (el telégrafo y luego el teléfono y más tarde a la electrónica, está adquiriendo una importancia y una magnitud impensada pocos años atrás como consecuencia de hechos claves: el desarrollo de la **microelectrónica**, y la digitalización de la información; esta última está provocando cambios trascendentales en nuestra cultura.

Con la digitalización de la información surgen las computadoras, que procesan información digitalizada en forma rápida y automática.

La información digitalizada está asumiendo una función fundamental, y dentro de este contexto hay quiénes tienden a ver en este proceso de informatización en marcha una especie de desmaterialización del mundo.

La introducción de éstas y otras nuevas tecnologías en la estructura social (como las biotecnologías), han planteado lo que hoy se llama la **Revolución científico-tecnológica**. Revolución generadora de grandes cambios socioculturales que abren el camino de una nueva sociedad que está surgiendo con diversos nombres, entre ellos "Sociedad de la información", "Sociedad posindustrial", "Sociedad de control", o posiblemente uno más integral "Sociedad de conocimiento". I

Si la Revolución industrial logró que la máquina reemplazara en gran medida no sólo esfuerzos físicos, sino también trabajos manuales del hombre, esta nueva revolución está logrando que la máquina reemplace también determinadas labores mentales del hombre, sobre todo las rutinarias y repetitivas, dejándole potencialmente más tiempo para un trabajo intelectual creativo.

Con la Revolución científico-tecnológica se han potenciado las **Tecnologías de Información y Comunicación** (TIC), factores claves del mundo globalizado que están presentes en múltiples campos, entre ellos, el de la prensa, la radio, la televisión, el cine, y sobre todo el de Internet que cumple un papel relevante en el contexto social.

Centrándonos ahora en el actual desarrollo tecnológico, que tiene un ritmo cada vez más acelerado, lamentablemente en muchos casos marginando límites como son la conservación del ambiente y el uso responsable de los recursos naturales nos corresponde preguntarnos: ¿hacia dónde vamos?

A principio del siglo pasado, cuando comenzaba, el gran desarrollo científico-tecnológico que generó el mundo de hoy, se pensaba y esperaba que ese desarrollo colaborara en el establecimiento de un mundo más igualitario, pero la realidad no confirma esa expectativa, la brecha entre países centrales y países periféricos entre los que tienen más y los que tienen menos, se agranda cada vez más, y no hay expectativas de que esto cambie a corto plazo. Lo que hemos llamado, la tendencia fáustica de la tecnología está-presente, y lógicamente al servicio del poder y no de la sociedad en su conjunto. La solución de ese conflicto no es fácil pero si queremos un mundo para todos, debemos prepararnos para revertir la situación, buscando pasar de una tecnología cerrada al servicio de los intereses del capital, a una tecnología abierta a la sociedad, y para tratar de lograrlo, mi papel clave lo cumple la educación, '

En nuestro caso, la educación en el campo de la tecnología, teniendo en cuenta los dos aspectos, el técnico y el sociohumanístico. Con un enfoque que sociohumanístico de la tecnología está planteada en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC la materia Introducción a la Ingeniería.

La educación es un tema prioritario al cual todos debemos abocarnos para superar la crítica situación de inequidad existente y además volver a posicionar nuestro país en los puestos de avanzada.

En este contexto mencionamos lo que expresó el filósofo belga Gérard Fourez en una conferencia que dio en Córdoba en el año 1998, "**Los nuevos escluidos serán los analfabetos tecnológicos**".

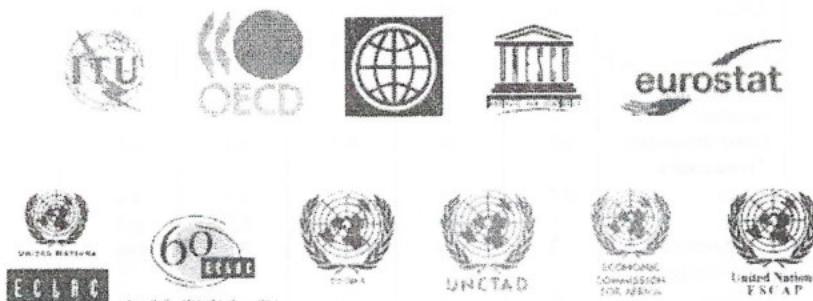
Asociado a lo expuesto, hemos creado en Córdoba el Centro de Cultura Tecnológica, un espacio polifuncional, lugar de animación y creatividad, orientado a una nueva manera de ver, pensar y actuar en el mundo en que vivimos, un mundo más artificial que natural, en gran parte construido por el ser humano.

Este Centro es un emprendimiento puesto al servicio del público en general pero fundamentalmente a disposición del sistema educativo, con la finalidad de colaborar en la capacitación de los ciudadanos, para que puedan enfrentar con idoneidad los desafíos de un mundo en el que la tecnología, planteada como respuesta a problemas o demandas de la sociedad, marca pautas en el quehacer cotidiano.

Personalmente pongo este Centro a disposición de todos.

# The Global Information Society: a Statistical View

THE PARTNERSHIP ON  
MEASURING THE  
GLOBAL INFORMATION SOCIETY FOR DEVELOPMENT



Año 2008

Table 3. ICT infrastructure and access core indicators, aggregate values,<sup>6</sup>  
latest year available<sup>7</sup>

Level of development and region <sup>2</sup>	A1 Fixed telephone lines	A2 Mobile cellular telephone subscribers	A3 Computers	A4 Internet subscribers	A5 Broadband Internet subscribers	A6 International internet bandwidth per inhabitant (bits)	A7 Percentage of population covered by mobile cellular telephony
	Number per 100 inhabitants						
<b>Developed economies</b>	<b>51</b>	<b>92</b>	<b>62</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>4 755</b>	<b>99</b>
Asia <sup>8</sup>	43	79	na	27	21	1 038	100
Europe	49	107	50	24	17	6 245	99
Northern America	58	75	77	22	20	3 645	99
Oceania	48	95	52	32	18	10 026	98
<b>Transition economies</b>	<b>23</b>	<b>77</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>223</b>	<b>88</b>
Asia	11	20	4	1	0.1	25	69
Europe	26	93	11	3	2	277	97
<b>Developing economies</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>177</b>	<b>74</b>
Africa	6	35	2	2	0.3	58	77
Asia	16	30	4	4	2	168	69
Latin America and the Caribbean	18	55	12	5	3	335	90
Oceania	4	9	7	4	0.5	50	74
<b>Least developed economies</b>	<b>0.9</b>	<b>10</b>	<b>0.7</b>	<b>0.2</b>	<b>0.0</b>	<b>7</b>	<b>59</b>
Africa	0.7	8	0.6	0.3	0.0	8	48
Asia	1	13	0.9	0.2	0.0	5	76
Latin America and the Caribbean <sup>9</sup>	2	6	0.2	0.9	na	18	na
Oceania	4	5	3	0.6	0.1	25	20

Source: ITU World Telecommunication/ICT Indicators Database.

Table 4: ICT infrastructure and access core indicators, median values,<sup>4</sup>  
latest year available<sup>5</sup>

Level of development and region <sup>3</sup>	A8a Internet access tariffs, in US\$	A8b Internet access tariffs, as a percentage of per capita income	A9a Mobile cellular tariffs, in US\$	A9b Mobile cellular tariffs, as a percentage of per capita income	A10 Percentage of localities with PIAC's by number of inhabitants	A11 Radio sets	A12 Television sets
	20 hours per month	100 minutes of use per month	per 100 inhabitants				
<b>Developed economies</b>	16	1	30	2	na	128	57
Asia <sup>6</sup>	14	0.5	52	2	na	na	na
Europe	16	1	28	2	na	114	55
Northern America	na	na	12	na	na	na	na
USA <sup>7</sup>	15	0.4	10	0.3	na	na	na
Oceania	17	0.9	43	2	na	na	63
<b>Transition economies</b>	12	11	27	17	na	54	24
Asia	12	26	19	35	na	na	23
Europe	13	7	27	15	na	46	25
<b>Developing economies</b>	22	8	20	8	26	29	22
Africa	31	21	20	14	50	23	16
Asia	12	3	13	3	99	43	32
Latin America and the Caribbean	24	11	26	9	6	40	22
Oceania	25	53 <sup>8</sup>	22	6	na	55	19
<b>Least developed economies</b>	41	123	22	60	6	15	2
Africa	42	168	23	87	11	15	2
Asia	26	39	8	18	2	10	6
Latin America and the Caribbean <sup>9</sup>	71	213	13	39	na	na	na
Oceania	56	50	34	35	na	13	1

Source: ITU World Telecommunication/ICT Indicators Database.

