



Asociación Nacional
de Facultades y Escuelas
de Ingeniería



CONFERENCIA MAGISTRAL

**LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
FUNCIONES DE LA ESCUELA
Y DE LA PRÁCTICA**

Dr. Daniel Reséndiz Nuñez



Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Yucatán

19 de junio de 2009
Mérida, Yucatán

The poster features a background collage of technical drawings and a large image of a Mayan pyramid. At the bottom, there is a horizontal strip of smaller images showing various engineering and educational scenes.

¿CÓMO SE FORMA UN INGENIERO?

- ❖ Hay una larga tradición. Ha cambiado el cómo, no el qué ni el porqué
- ❖ La cuestión interesa a:
 - Profesores y directivos de ingeniería
 - Empresarios de la ingeniería
 - Ingenieros en general
- ❖ La historia enseña que
 - Hay ingenieros desde hace milenios
 - Hay escuelas de ingeniería desde hace pocos siglos
- ❖ Antes del siglo XVIII
 - Los conocimientos de la ingeniería eran pocos y empíricos
 - Los ingenieros aprendían a la vez que hacían (práctica tutelada) supervisados por quienes ya sabían (relación maestro-aprendiz)

NACIMIENTO DE LAS ESCUELAS

- ❖ Surgen cuando:
 - La institucionalización de la ciencia (fines del siglo XVII) aceleró la generación de conocimientos y acrecentó el acervo disponible
 - La necesidad social de ingenieros también creció
 - Ambas condiciones se establecieron a plenitud en el siglo XVIII (llamado Siglo de la Ilustración)
- ❖ Con diferencias de pocos lustros se fundaron escuelas de ingeniería en
 - Europa: Alemania, Francia, España, etc. (segunda mitad del siglo XVIII)
 - México. Real Seminario de Minería (1792)
 - E.U.A.: R. P. I. (ya entrado el siglo XIX)
- ❖ Desde entonces la formación de ingenieros se hace en dos etapas sucesivas de similar duración y ambas insustituibles:
 - La escuela
 - La práctica tutelada o supervisada

3

VISIBILIDAD SOCIAL DE LAS ESCUELAS

- ❖ La escolarización se ha expandido y adquirido altísima visibilidad
 - Con frecuencia para bien
 - Hay escuelas para todo
 - A veces soslayando formas mejores de aprender y hasta como simple mecanismo de distribución de credenciales
- ❖ El aprendizaje de los ingenieros en la práctica es tan importante como antes, pero no tiene visibilidad social
- ❖ En consecuencia suele achacarse a las escuelas de ingeniería deficiencias que no son suyas, por ejemplo, que sus recién egresados:
 - Desconocen el ambiente y las prácticas laborales
 - Carecen de conocimientos y habilidades prácticas
 - No son capaces de trabajar en equipo
 - Carecen de juicio profesional
- ❖ ¡Dar tales capacidades no es función de la escuela, sino de la práctica!

4

FORMACIÓN EN LA ESCUELA

❖ Ella aporta:

- Conocimientos, comprensión y capacidad para usar las ciencias básicas y sus métodos
- Conocimiento profundo de las ciencias de la ingeniería, sus alcances y sus limitaciones
- Potencial para actualizar y ampliar esos conocimientos y capacidades mediante el estudio autodidacta y la observación sistemática

5

FORMACIÓN EN LA PRÁCTICA TUTELADA

❖ En ella se adquieren:

- Conocimientos extra-científicos necesarios para el ejercicio profesional
- Capacidad de trabajar en equipo (con integrantes de especialidad y experiencia muy diversos)
- Elementos de buen juicio profesional (que luego se ampliarán y reforzarán en el ejercicio práctico subsecuente)
- Conocimientos y capacidades crecientes conforme se trabaja con apego a ciertas prácticas.

TRABAJO EN EQUIPO:

Cada quien tiene una responsabilidad intransferible, pero todo se discute colectivamente: propósitos, hipótesis, hallazgos, resultados. Por tanto, todos acrecientan simultáneamente sus conocimientos y buen juicio.

6

LOS PROCESOS INTELECTUALES DE LA INGENIERÍA

- ❖ Aprenderlos es el propósito de la formación
- ❖ Son análogos a los procesos de la medicina
- ❖ Se parte de un estado insatisfactorio
 - De salud (medicina)
 - De condiciones materiales (ingeniería)
- ❖ Se identifican sus causas
 - Diagnóstico (medicina, ingeniería)
- ❖ Se conciben y especifican soluciones
 - Prescripción (medicina)
 - Diseño (ingeniería)

7

EL DIAGNÓSTICO EN INGENIERÍA

- ❖ ¿EN QUÉ CONSISTE?
 - Excursión de ida y vuelta: primero se conjetura la naturaleza del problema y luego se valida tal inferencia
 - Primera etapa: cualitativa (se elige una teoría general que quizá explique el problema).
Segunda etapa: cuantitativa (se verifica si la teoría general supuestamente aplicable predice lo observado en el caso específico)
 - Si el resultado es satisfactorio, se acepta el diagnóstico: quedan así establecidas las relaciones entre efectos observados y causas que los producen. Si no es satisfactorio, se repite el ciclo
- ❖ ¿QUÉ PROCESOS INTELECTUALES IMPLICA?
 - Primera etapa: por abducción (conjetura) se infiere tentativamente que al caso quizá se le puede aplicar cierto marco teórico general
 - Segunda etapa: por deducción se comprueba (o no) que la conjetura es correcta
- ❖ ¿QUÉ CONOCIMIENTOS Y CAPACIDADES SON NECESARIAS Y CÓMO SE ADQUIEREN?
 - Acervo de teorías científicas y conocimientos empíricos (E)
 - Capacidad lógica de inferir por abducción o conjetura (P/E)
 - Capacidad de lidiar con la incertidumbre (P/E)
 - Capacidad lógica de deducción (aplicar teorías a casos particulares)(P/E)

E = susceptible de aprenderse bien en la escuela
 P = se aprende mejor en la práctica
 P/E = se aprende en la práctica a partir de conceptos básicos y capacidades adquiridos en la escuela
 E/P = se aprende en la escuela y se refuerza en la práctica

8

EL DISEÑO ¿EN QUÉ CONSISTE Y QUÉ PROCESOS IMPLICA?

❖ DISEÑO CONCEPTUAL

- Acto imaginativo de síntesis, similar a la creación artística. Cierta dosis de subjetividad

EL INGENIERO
COMO ARTISTA

❖ VERIFICACIÓN

- Evaluar el diseño conceptual (analizarlo, corregirlo, depurarlo, validarlo) combinando variantes posibles de diseño y solicitudes

❖ OPTIMIZACIÓN / ESPECIFICACIÓN

- A cada diagnóstico, varias soluciones posibles
- Todo diseño, con matices subjetivos de origen
- Casi todas las variables, muy inciertas
- Optimizar = maximizar beneficio/costo (para la sociedad)
- Especificar = prescribir en detalle la solución óptima

EL INGENIERO
COMO
CIENTÍFICO

9

EL DISEÑO: ¿QUÉ CAPACIDADES REQUIERE Y CÓMO SE ADQUIEREN?

- ❖ Creatividad para generar diseños conceptuales congruentes con el diagnóstico (P)
- ❖ Conocimientos científicos (E) y empíricos (P)
- ❖ Capacidades lógicas de inducción, conjetura y deducción (E/P)
- ❖ Capacidad de contender con incertidumbres múltiples (P/E)
- ❖ Sensibilidad para simplificar sin distorsionar lo esencial (P)
- ❖ Capacidad de combinar conocimiento científico y empírico con buen juicio (P)

POR TANTO:

A DISEÑAR SE APRENDE PRINCIPALMENTE
EN LA PRÁCTICA

10

LO INEVITABLE DE LA INCERTIDUMBRE

LA INCERTIDUMBRE ES:

- ❖ INHERENTE A LA NATURALEZA: el mundo no es determinista
- ❖ INHERENTE AL CONOCIMIENTO: de los tres modos de inferencia lógica (conjetura, inducción y deducción) los dos primeros son inciertos. Sólo la deducción ofrece certeza absoluta
- ❖ INSEPARABLE del conocimiento universal y personal (ambos imperfectos)
- ❖ CONSECUENCIAS PARA EL INGENIERO
 - Ha de tomar decisiones pese a grandes incertidumbres
 - Debe ponderar información y métodos diversos
 - Debe reconocer y manejar racionalmente la incertidumbre
 - Su principal herramienta: su buen juicio profesional.

11

¿QUÉ ES EL BUEN JUICIO Y CÓMO SE ADQUIERE?

- ❖ *“Es la capacidad de asumir como verdadera o falsa una aseveración, aun sin tener a mano una prueba fehaciente” (Locke, 1689).*
O bien, es la capacidad de lidiar atinadamente con la incertidumbre
- ❖ No es don natural, sino producto de un esfuerzo intelectual expreso
- ❖ Es de orden superior al conocimiento (destilado del conocimiento y la reflexión)
- ❖ Se adquiere usando reiteradamente el conocimiento científico para hacer predicciones y luego compararlas con mediciones
- ❖ El trabajo en equipo es el ambiente más propicio para desarrollar el juicio profesional

12

CONCLUSIÓN: MISIÓN DEL INGENIERO

- ❖ Sus funciones sustanciales no son científicas (alcanzar la verdad) ni técnicas (servir al cliente)
- ❖ Su misión es profesional: servir a la sociedad y responder ante ella de lo que hace
- ❖ La cumple sólo si compatibiliza los intereses de sus clientes con los de la sociedad
- ❖ El contexto en que trabaja es de alta incertidumbre
- ❖ Sus diagnósticos y diseños conceptuales tienen subjetividad, pero son congruentes en sí mismos y entre sí
- ❖ Por todo ello, el atributo más valioso de un ingeniero es su buen juicio

« »

TODO ESTO, EL JOVEN INGENIERO LO CONSTATARÁ ÉL MISMO EN LA PRÁCTICA, PERO ES MEJOR QUE LA ESCUELA LO ADVIERTA DE QUE:

1. Será ingeniero cuando haya pasado las dos etapas de su formación
2. Lo que enseña la escuela es indispensable para aprender en la práctica

13



Primera parte

LOS PROCESOS INTELECTUALES DE LA INGENIERÍA

- I. Preludio: cómo armar un rompecabezas infinito**
- II. El quehacer del ingeniero (y por qué se transforma el mundo)**
- III. Los métodos de la ingeniería (o cómo cambiar racionalmente el mundo)**
- IV. El juicio profesional**
- V. La razón no basta: otras capacidades del ingeniero**
- VI. La formación de ingenieros**

Segunda parte

EL ENTORNO DE LA INGENIERÍA

- VII. Ciencia e ingeniería**
- VIII. Desarrollo sostenible e ingeniería**
- IX. Competitividad e ingeniería**
- X. Humanismo e ingeniería**
- XI. Ética e ingeniería**

Tercera parte

EL CONTEXTO DE LA INGENIERÍA

XII. La tecnología y los valores sociales

XIII. Los sistemas socio-técnicos

XIV. La incertidumbre y su manejo

XV. Las fallas en ingeniería