

1. PRESENTACION

El Libro Abierto de la Ingeniería Mecánica está dirigido a todos aquellos hombres y mujeres que sienten deseos de colaborar en el desarrollo técnico, económico y social del mundo, en la transformación y mejora de éste por medio de una actividad humana, la ingeniería mecánica, sobre la que ha descansado gran parte de las transformaciones más trascendentes que la humanidad ha conocido y que a buen seguro, seguirá prestando un decisivo apoyo a las que habrán de ocurrir ...

Pretende hacer ver la auténtica realidad de la ingeniería mecánica, bastante alejada de los tópicos en los que tradicionalmente ha sido encasillada.

El Libro Abierto de la Ingeniería Mecánica también pretende ser el marco general de reflexión de la comunidad de ingenieros mecánicos iberoamericanos, que permita encauzar todos los esfuerzos (investigación, formación, etc.) en pro del desarrollo de todos nuestros países, y por ende, de toda la humanidad.

El documento se estructura en bloques, respondiendo cada uno a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué es la ingeniería mecánica?
- ¿Cómo se desarrolla la ingeniería mecánica?
- ¿Qué es el ingeniero mecánico?
- ¿Cómo es el trabajo profesional del ingeniero mecánico?
- ¿Cómo es la formación del ingeniero mecánico?

¿QUÉ ES LA INGENIERÍA MECÁNICA?

- Concepto de la ingeniería mecánica.
- Evolución de la ingeniería mecánica.
- Áreas propias de la ingeniería mecánica.
- Conexión con otras ingenierías y disciplinas.

¿QUE ES LA INGENIERIA MECANICA?

CONCEPTO DE INGENIERIA MECÁNICA

En términos generales, se define la ingeniería mecánica como la actividad humana encaminada a transformar la naturaleza al servicio de las necesidades del hombre, en los campos de la investigación, desarrollo, diseño, construcción, operación, mantenimiento y comercialización de sistemas y equipos mecánicos.

Estos sistemas y equipos mecánicos son de lo más variado, pudiendo ir desde máquinas motrices (motores de todo tipo), hasta instrumentos y aparatos (instrumentos de sonido, quirúrgicos, aparatos recreativos, etc.), pasando por la amplísima variedad de máquinas operadoras (máquinas para trabajar el metal, la piedra, la madera, etc.; máquinas de transporte de sólidos, líquidos o personas; máquinas para embalar, cerrar, etiquetar, etc.).

En el cuadro adjunto se muestra un esquema tipológico de las máquinas y los sistemas mecánicos, que dan una idea de su enorme diversidad. Sin ninguna exageración puede afirmarse que el hombre actual, en el mundo desarrollado, vive inmerso en un mundo de máquinas, un "mundo artificial" creado por el propio hombre...

Tipología de la maquinaria y los sistemas mecánicos:

a.- Máquinas motrices:

- Motores de combustión interna y externa
- Turbinas de vapor y de gas
- Reactores
- Turbinas hidráulicas
- Turbinas atmosféricas

b.- Máquinas operadoras

- 1.- Máquinas herramientas (para trabajar el metal, la piedra, la madera, los plásticos, etc.)
- 2.- Maquinaria para el transporte
 - De fluidos (bombas, etc.)
 - De sólidos (montacargas, grúas, blondines, camiones, tractores, etc.).
 - De personas (ascensores y escaleras mecánicas, automóviles, ferrocarriles, aviones, barcos, etc.).
- 3.- Máquinas para embalaje, envasado, dosificación, limpieza, etc.
 - Máquinas de envolver, llenar, dosar, cerrar y encapsular, etiquetar, clasificar, etc.

c.- Instrumentos y aparatos

- Para escribir, dibujar, reproducir, etc.
- Instrumentos de sonido
- Instrumentos quirúrgicos, de rehabilitación y prótesis
- Instrumentos y aparatos de uso doméstico
- Aparatos para la medida, ensayos, control y simulación
- Aparatos e instrumentos recreativos y deportivos
- Herramientas (accionadas manualmente, neumáticamente o eléctricamente).

EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA MECÁNICA

La ingeniería mecánica, como actividad humana diferenciada, puede decirse que nació con la máquina de vapor (constituye, por tanto, la rama de la ingeniería más antigua), y se expandió rápidamente a lo largo del siglo XIX y principios del XX. Esta expansión, principalmente cuantitativa, fue siendo sustituida, en la segunda mitad del siglo XX, por una expansión cualitativa, siendo las principales características de las máquinas más recientes su creciente automatización, su seguridad y fiabilidad, el empleo de nuevos materiales (principalmente aleaciones especiales y materiales sintéticos), los diseños más elaborados y soportados sobre herramientas conceptuales y matemáticas más potentes, la búsqueda de mayores rendimientos y, consecuentemente, menores consumos energéticos, y un progresivo respeto a la integración de la maquinaria en el medio, en aspectos relativos a disminución de contaminación, ruidos, vibraciones, etc.

Una de las repercusiones más trascendentes de la implantación de la moderna maquinaria ha sido la creciente y rápida automatización de los procesos productivos (fabricación "flexible") que si bien ha mejorado enormemente la productividad de los mismos, ha originado también graves tensiones en el trinomio tradicional salario-producción-consumo, que están obligando a importantes ajustes económicos, sociales, culturales, educativos, etc., en todo el mundo.

Las tendencias futuras de la ingeniería mecánica pueden definirse por las características siguientes:

- Diseño de máquinas cada vez más complejas, fiables, seguras, con mayores rendimientos, menos contaminantes, etc., todo ello apoyado en métodos de cálculo más potentes y optimizados.
- Diseño y construcción de máquinas y sistemas mecánicos al servicio de la salud, el ocio, el entrenamiento...
- Diseño y construcción de máquinas y sistemas mecánicos para la explotación de los fondos marinos y del espacio exterior.
- Diseño y construcción de máquinas para la automatización de los procesos productivos.

Como se ve, la ingeniería mecánica, que fue la primera en aparecer, no sólo sigue viva, sino incluso cada vez más pujante, constituyendo uno de los pilares fundamentales del desarrollo humano futuro. La ingeniería mecánica no sólo no ha sido desbancada u oscurecida por ramas más modernas (electrónica, por ejemplo), sino que, valiéndose de éstas, recibe cada vez nuevos impulsos...

La realidad es que la ingeniería mecánica desaparecería cuando el hombre ya no tuviera energía que transformar, nada que fabricar, nada que transportar, ..., en definitiva, cuando el propio hombre desapareciera como ser civilizado...

AREAS PROPIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA

Tal como se deduce del propio concepto de ingeniería mecánica, refrendado por la tradición secular de esta disciplina, pueden considerarse tres grandes áreas de actividad industrial englobadas íntegramente dentro de la ingeniería mecánica:

- 1) Diseño, construcción, mantenimiento y operación de máquinas y sistemas mecánicos de todo tipo.
- 2) Procesos de fabricación de productos que requieran la conformación de componentes, lo que se conoce con más propiedad como tecnología mecánica (fabricación de piezas diversas, con diversos materiales, empleando diferentes tecnologías de fabricación...).
- 3) Transformaciones energéticas que concluyan en energía mecánica, y especialmente, las conversiones térmicas (incluyendo los conocimientos básicos de tales transformaciones, como "termodinámica", "termotecnia", "mecánica de fluidos", etc.)

CONEXIÓN CON OTRAS INGENIERÍAS

Del propio concepto de ingeniería mecánica, y de la propia constitución de las máquinas y sistemas mecánicos actuales, se deduce la enorme multidisciplinaridad de esta rama de la ingeniería, así como sus diversas y profundas conexiones con prácticamente todas las ramas de la ingeniería, e incluso con otras disciplinas no ingenieriles.

En muchos casos, estas relaciones son directas, en la medida que la rama de ingeniería en cuestión no es más que un desgajamiento, por imperativos de la especialización, de la propia ingeniería mecánica. En otros casos la relación es íntima pero indirecta, en la medida que ambas se superponen en la producción de máquinas y productos (tal es el caso de la ingeniería mecánica y electrónica, que van de la mano en la mayor parte de la moderna maquinaria y procesos mecánicos).

Finalmente, la ingeniería mecánica actual, y mucho más en el futuro, mantiene una relación cada vez más estrecha con la medicina, constituyendo actualmente una nueva especialidad a caballo entre ambas, conocida como Biomecánica (entiende del diseño y fabricación de prótesis artificiales, instrumentos quirúrgicos y de rehabilitación, bombas extracorpóreas, etc.)

Asimismo, también mantiene una estrecha relación con las Bellas Artes, de manos de los nuevos y crecientes requerimientos del Diseño Industrial (fabricación de productos de consumo, en los que la estética pasa a ser un factor primordial).

¿Qué es la Ingeniería Mecánica?

En el cuadro siguiente se muestra en forma esquemática, las relaciones de la ingeniería mecánica con otras diversas disciplinas, señalando con tres asteriscos una intensa relación y con un asterisco una baja relación.

CONEXIÓN CON OTRAS INGENIERÍAS:

*** Ing. Aeronáutica (diseño, fabricación y mantenimiento de motores, mecanismos y sistemas mecánicos empleados en aeronáutica y astronáutica).

** Ing. Agrícola (diseño, fabricación y mantenimiento de maquinaria agrícola).

** Ing. Caminos, Canales y Puertos (diseño, fabricación y mantenimiento de sistemas mecánicos empleados en ingeniería civil: tractores buldozerz, grúas, etc.).

* Ing. Eléctrica (diseño y fabricación de componentes mecánicos de máquinas eléctricas; operación y mantenimiento de equipos mecánicos en centrales eléctricas).

* Ing. Electrónica (directamente en la fabricación de componentes electrónicos; Indirectamente, en la medida que la maquinaria moderna lleva asociada una gran carga de componentes electrónicos).

** Ing. de Materiales y metalurgia (diseño y fabricación de maquinaria para la obtención y elaboración de materiales de todo tipo).

*** Ing. de Minas (diseño, fabricación y mantenimiento de maquinaria para el laboreo de minas).

*** Ing. Naval (diseño, fabricación y mantenimiento de motores, equipos y sistemas mecánicos empleados en barcos).

** Ing. Nuclear (diseño, fabricación y mantenimiento de sistemas mecánicos empleados en las centrales nucleares).

** Ing. Industrial (complementación de la mecánica, en la dirección y coordinación de todas las industrias mecánicas).

** Ing. Química (diseño, fabricación y mantenimiento de componentes mecánicos usados en las industrias químicas, de alimentación, etc.).

*** Ing. Textil y papelera (diseño, fabricación y mantenimiento de maquinaria para el trabajo de textiles y papel).

CONEXIÓN CON OTRAS ESPECIALIDADES

- Medicina (Biomecánica)
- Bellas Artes (Diseño Industrial)

¿CÓMO SE EJERCE LA INGENIERÍA MECÁNICA?

- El proceso productivo y la ingeniería mecánica.
- Campos de actividad de la ingeniería mecánica.
- Ordenes de actividad de la ingeniería mecánica.

EL PROCESO PRODUCTIVO Y LA INGENIERÍA MECÁNICA

Para conocer como se ejerce la ingeniería, es decir, que trabajos ejecuta el ingeniero mecánico, lo mejor es analizar, paso a paso, las diferentes etapas de un proceso productivo, un ejemplo de los cuales exponemos a continuación:

La energía es una necesidad humana vital y creciente, pareja al desarrollo tecnológico de toda comunidad humana.

Para conseguirla, el hombre moderno ha utilizado, y sigue haciéndolo, las energías fósiles (carbón, petróleo y uranio) almacenada en la Tierra durante milenios. Su uso masivo, sin embargo, está causando serios problemas, que se agudizarán, con toda seguridad, en el futuro debido a su escasez (conflictos por control de precios, acaparamiento, peligro de retroceso en el bienestar general, en suma) y a la contaminación generada (polución, lluvia ácida, efecto invernadero, etc., que también está conduciendo en graves problemas en múltiples campos).

Por tales motivos, el hombre actual, amparado en una tecnología muy evolucionada, intenta recuperar el uso de energías renovables, aquellas que dependen directamente de la energía recibida del Sol, y entre las que destaca, en las zonas del globo más favorecidas, la energía almacenada en el viento, o energía eólica. Esta energía ha sido captada desde muy antiguo, y empleada para la impulsión de barcos, el bombeo de aguas, la molienda de granos y el accionamiento de pequeñas máquinas herramientas.

En la actualidad, el progreso en el diseño de perfiles de palas aerodinámicas con alto poder de captación, el empleo de nuevos materiales en la construcción y otros factores han llevado a la construcción de aerogeneradores de gran potencia (alrededor de 2.000-3.000 kW, capaces de abastecer de energía eléctrica a una población de 1000 habitantes), con costos de generación de energía eléctrica competitivos con los generados en centrales térmicas convencionales.

En este contexto, una industria de fabricación de aerogeneradores ha detectado la posibilidad de mejorar los equipos existentes en el mercado, e impulsar así una mayor penetración en el mismo de su empresa: en concreto, las posibilidades de mejora se centran en la fabricación de una máquina (aerogenerador) más potente (del orden de los 4.000 kW), con mejores rendimientos de captación del viento, con menor número de fallos, más fácil mantenimiento y con un menor costo del kW instalado.

Este planteamiento inicial constituye el primer paso del proceso productivo, pudiendo definirse como el RECONOCIMIENTO DE UNA NECESIDAD.

A partir de aquí, y hasta conseguir que gran número de estas nuevas máquinas sean vendidas e instaladas en diferentes partes del mundo produciendo energía eléctrica limpia, segura, no contaminante, no dependiente y a precios competitivos (lo que podría denominarse colocar el PRODUCTO EN MANOS DEL CONSUMIDOR), el proceso productivo se va conformando en sucesivas etapas:

¿Cómo se ejerce la Ingeniería Mecánica?

- **INVESTIGACION BASICA (Tecnológica):**

Tiene como objeto el conocimiento científico, la comprensión de la naturaleza y de los fenómenos naturales, en condiciones naturales o modificadas. (Conocimiento teórico o empírico). Es difícilmente planificable. Sus resultados son únicos y universales. Requiere personal altamente cualificado, se desarrolla en Universidades e Institutos de Investigación y se nutre, preferentemente de fondos públicos.

En el producto del ejemplo, la investigación básica consistió, fundamentalmente, en la invención de nuevos materiales (fibra de carbono) y la determinación de sus características mecánicas (resistencia, dureza, etc.), químicas (resistencia a la oxidación, etc.), térmicas, eléctricas, etc. Esto incluye, obviamente, el proceso de obtención de tal material.

• **INVESTIGACION APLICADA:**

Tiene como objetivo conseguir un fin predeterminado, conocido. Se presta a planificación. Sus resultados son diversos, dependiendo del país, época, autores, etc.

Es la más conveniente para países en desarrollo.

Problemas con la propiedad intelectual e industrial, protecciones de difusión de resultados, grandes necesidades de recursos económicos, etc.

También exige personal de alta cualificación, tanto de corte científico como también técnico. Se desarrolla en Universidades e Institutos de Investigación, pero también en Centros especializados y otros organismos multidisciplinarios, de naturaleza pública y privada. Los recursos provienen tanto de entidades públicas, como también privadas. Exige también la disponibilidad de importantes recursos tecnológicos.

En ésta fase del proceso se investiga sobre el posible empleo de la fibra del carbono en la construcción de las palas, definiendo la tipología de la fibra a emplear, la distribución de la misma en cada capa, la disposición de las capas, etc., para lograr la resistencia deseada y la unión con los demás componentes estructurales de la pala. Al mismo tiempo, también se investiga sobre nuevos perfiles aerodinámicos y forma de las palas, de manera que el rendimiento en la captación de energía sea más alto que el de las máquinas del mercado.

• **DESARROLLO:**

Tiene como objetivo la fabricación de equipos o la definición de procedimientos que permitan la aplicación práctica, a escala industrial, de los resultados de la investigación aplicada.

La optimización de sistemas y materiales, la definición de equipos y procesos para la fabricación, la ampliación de los campos de aplicación, etc., son las tareas más propias.

Requiere personal altamente especializado, pero ahora en labores asociadas a la fabricación, a la producción. Exige fuertes disponibilidades económicas, procedentes tanto de fondos públicos como aún más privados. También requiere grandes disponibilidades de tecnología así como de la presumible existencia de mercados.

En ésta fase del proceso se define al proceso para la construcción de las palas de aerogeneradores con fibra de carbono, a escala industrial.

Esta etapa requiere la construcción de nuevas máquinas y herramientas, al desarrollo de equipos para análisis resistentes de las palas construidas (comportamiento frente a rachas de viento, vibraciones, impactos, corrosiones, etc.).

El desarrollo tecnológico comprende además dos actividades bien diferenciadas. El diseño mecánico y el diseño industrial.

El diseño mecánico es la parte del desarrollo tecnológico encaminada al diseño y rediseño de componentes y mecanismos de aplicación específica, pero similares a los existentes en el mercado.

En el ejemplo que se va siguiendo, esta fase puede consistir en el desarrollo de un nuevo sistema de freno para el rotor y en el diseño y construcción de una nueva caja multiplicadora de engranajes (para pasar de 40 r.p.m. a 1.700 r.p.m.) de mínimo peso y máxima fiabilidad, no disponibles en el mercado.

El diseño industrial es la parte del desarrollo tecnológico (y de la producción en general) que tiende a acomodar los productos desarrollados a las demandas del mercado, y del usuario final, en aspectos relacionados con la funcionalidad, la estética, la eficiencia, la seguridad de uso, etc.

En el caso del aerogenerador, el diseño industrial se aplica a la construcción de la cobertura exterior de la góndola, para conseguir una ventilación y una estética adecuadas.

En ésta fase de desarrollo se acomete la fabricación de uno o varios prototipos, que son sometidos a ensayos y verificaciones de todo tipo, y que puede conllevar modificaciones importantes en los desarrollos iniciales, hasta conseguir un producto listo para el mercado.

- **INNOVACION:**

Conjunto de actividades mediante el cual las empresas asumen la fabricación industrial de un producto procedente de un desarrollo tecnológico, introduciéndolo en el mercado. (La innovación también cabe en los planos de organización de la producción, organización de ventas, etc.).

En el ejemplo considerado, una empresa asume la construcción del aerogenerador desarrollado, y todo el proceso de fabricación consecuente, y comienza su fabricación en serie.

- **FABRICACION:**

Parte del proceso productivo que genera los productos y servicios que serán posteriormente puestos en manos de los consumidores. Exige el previo equipamiento (dotarse de los medios de fabricación, es decir, maquinaria, infraestructura, etc.), la disponibilidad de personal cualificado en esta fase de producción (ingenieros técnicos, especialistas, etc.), la disponibilidad de materias primas, la disponibilidad de mercados y disponibilidades económicas.

En este caso, la empresa adquirió las máquinas para la fabricación de las palas y otras para el ensamblaje de componentes y para la erección de los aerogeneradores en el terreno. También sometió al personal a una etapa de formación.

- **VENTA Y SERVICIOS:**

Es la parte del proceso que pone los productos y servicios en manos del consumidor y atiende las necesidades de éstos derivados del uso de los bienes adquiridos. En la tecnología moderna, exige la existencia de equipamiento (para este fin), personal cualificado (técnicos de mantenimiento, expertos en marketing, comerciales, publicistas, etc.), recursos financieros y económicos, etc.

Como se ve el proceso productivo exige el acoplamiento de múltiples y diversos factores, en áreas técnicas, económicas, educativas, políticas (“captura” de mercados, adquisición de materias primas no disponibles, etc.), etc.

- **REUTILIZACIÓN Y ELIMINACIÓN:**

Conjunto de actividades mediante las cuales, empresas especializadas recogen los productos una vez cumplida su vida útil (por obsolescencia o por averías, o por la causa que sea) y los eliminan íntegramente de manera que no causan perjuicios (incineración, enterramiento, etc.), o se someten a procesos de reciclaje, bien por operaciones de “reparación” (convirtiéndolos de nuevo

en utilizables), bien por operaciones de conversión en la materia prima original (por ejemplo, convirtiendo las piezas de hierro de un motor en un lingote de acero)

Esta última fase del proceso está adquiriendo cada vez más importancia como medio de proteger el medio ambiente y para disminuir el consumo de materias primas, así como el de energía (consume mucha menos energía fundir un motor inservible y convertirlo de nuevo en acero, que no obtener este desde la mina de hierro)

En esta fase intervienen técnicos y empresarios de muy variado tipo (incluyendo biólogos y otros técnicos medioambientales) formado parte de empresas privadas y en menor medida, públicas.

CAMPOS DE ACTIVIDAD DE LA INGENIERÍA MECÁNICA

A la vista del análisis efectuado del proceso productivo en ingeniería mecánica, puede definirse como campos de actividad de ésta los siguientes:

1.- Investigación

De materiales, de procesos de fabricación, de síntesis de mecanismos, de métodos para diseño y análisis, de técnicas de ensayo y mantenimiento, etc.

2.- Desarrollo

De materiales para construcción de componentes mecánicos, de máquinas y sistemas para fabricación de componentes, de sistemas para ensayos y mantenimiento de máquinas, etc.

3.- Diseño Mecánico

Diseño de componentes mecánicos de todo tipo, concibiendo nuevos elementos, adaptando y modificando los ya existentes a condiciones particulares de trabajo.

Esta actividad se superpone a la de desarrollo y constituye la etapa previa y básica de toda fabricación mecánica, en la medida que toda máquina precisa de un completo diseño de la misma para ser posteriormente realizada.

4.- Ensayo y verificación

La aplicación de métodos y procedimientos para conocer el estado de las máquinas, su comportamiento en servicio, sus parámetros funcionales, el cumplimiento de las prescripciones de fabricación, etc.

5.- Fabricación

Producción de componentes y equipos de todo tipo, con toda clase de materiales, en cualquier industria, tanto mecánica como no mecánica, que requiera la elaboración y manipulación de componentes y sistemas, empleando para ello equipos mecánicos. Esto implica, fundamentalmente, la definición, la instalación y el control durante el funcionamiento de los equipos y sistemas de fabricación para que éstos se mantengan en sus límites correctos, permitiendo la fabricación de productos que cumplan los requisitos exigidos.

6.- Operación y mantenimiento

Manejo y control de sistemas mecánicos, estén o no asociados a procesos productivos, que por su complejidad requieran la aplicación de técnicas elaboradas para su correcto funcionamiento.

Diagnóstico y pronóstico de averías de máquinas, así como las consecuentes reparaciones en las mismas, aplicación y vigilancia de programas de mantenimiento, etc.

7.- Comercialización y venta

De componentes, equipos y sistemas mecánicos, en la medida que estas operaciones comerciales, ligadas casi siempre a procesos productivos, requieren fuertes conocimientos técnicos para ser correctamente ejecutadas, ya que el vendedor actúa normalmente como puente entre el fabricante y el futuro usuario de la máquina, componente o sistema.

8.- Administración

Dirección y gestión, principalmente técnica, de empresas de todo tipo, en las que la componente mecánica y de fabricación sea elevada.

ORDENES DE ACTIVIDAD EN LA INGENIERÍA MECÁNICA

Si se analiza en forma global, y desde otra óptica, el proceso productivo en la ingeniería mecánica, y los campos de actividad consecuentes, se ve claramente que las diferentes actividades englobadas dentro de la ingeniería mecánica pueden dividirse en dos grupos u órdenes cuantitativa y cualitativamente diferenciados.

En un **primer orden** pueden englobarse todas aquellas actividades que posibilitan la buena marcha de una industria, o de un proceso productivo, tales como las de ensayos y verificaciones, fabricación, operación, mantenimiento, comercialización y administración. En definitiva, un conjunto de actividades que conjugan, en forma adecuada, los recursos técnicos, humanos y económicos para lograr una producción competitiva.

En un **segundo orden** se englobarían aquellas otras actividades que permiten superar los problemas de la obsolescencia de los productos y sistemas mecánicos, así como los generados por la competitividad y la propia evolución de la tecnología (en campos afines o conexos), tales como la investigación, el desarrollo y el diseño mecánico.

En otras palabras, dentro del primer grupo quedan englobadas las actividades correspondientes a una "ingeniería estática", mientras que en el segundo se engloban las actividades que generan "el cambio tecnológico".

Evidentemente, ambos órdenes se complementan, y son imprescindibles, si un país o comunidad desea alcanzar un desarrollo tecnológico adecuado.

El primer orden permitiría "importar tecnología" y hacer que ésta funcione correctamente..., pero, por sí sola, no garantiza un desarrollo tecnológico. Para conseguirlo, para permitir, incluso, que los propios diseños puedan ser "vendidos" como un producto más, se precisan la conjugación íntima con el grupo de actividades englobadas en el segundo orden.

Obviamente, la existencia de los dos órdenes no implica una división estanca entre las actividades incluidas en ambos. Ello es especialmente cierto en las actividades implícitas en el segundo orden, cuya ejecución, en muchos casos, implica la realización de actividades propias del primer orden (a título de ejemplo, el diseño mecánico exige, por parte del diseñador, conocimientos y tareas en los campos de ensayo, mantenimiento, etc.).

¿QUÉ ES EL INGENIERO MECÁNICO?

- Concepto de ingeniero mecánico.
- Conocimientos, capacidades y aptitudes del ingeniero mecánico.
- Tipos de ingenieros mecánicos.
- Perfil profesional de los diferentes tipos de ingenieros mecánicos.

CONCEPTO DE INGENIERO MECÁNICO

Ingeniero mecánico es todo aquel, mujer u hombre, que a través de actividades de investigación, desarrollo, diseño, construcción, operación, mantenimiento y comercialización de sistemas y equipos mecánicos, coadyuva a crear y mantener un desarrollo industrial que permite transformar la naturaleza al servicio de las necesidades humanas.

El ingeniero mecánico, en su ámbito de competencias, es, en cierto modo, un "recreador" de la propia naturaleza, en la medida de que es capaz de "poner en ella", "algo" que anteriormente a su acción "no existía".

(Si se analiza bien qué es un automóvil, llegaríamos a la conclusión de que no es más que "trozos de naturaleza primigenia" - mineral de hierro, petróleo, etc.,- convenientemente "trabajada" y "ordenada", por multitud de personas, obreros y técnicos, haciendo uso de una "información" almacenada por sucesivos técnicos y científicos precedentes).

Sobre el ingeniero mecánico descansa, en gran medida, el desarrollo técnico, social y económico actual, y constituirá una pieza decisiva para el desarrollo de la humanidad en el futuro.

CONOCIMIENTOS, CAPACIDADES Y APTITUDES DEL INGENIERO MECÁNICO.

El ingeniero mecánico, en el ejercicio de su actividad, pone en juego una serie de conocimientos, capacidades y aptitudes, adquiridas durante su aprendizaje como estudiante y más aún posteriormente con la experiencia profesional y la continua actualización, que podríamos resumir en las siguientes:

- Conocimientos en materias científicas y técnicas de diversa índole, y con diverso grado de intensidad.
En este contexto, el ejercicio de la ingeniería mecánica requiere un alto grado de interdisciplinariedad de los conocimientos, dadas las profundas conexiones de la ingeniería mecánica con diversas ramas del conocimiento. En todo caso, los conocimientos en materias básicas (matemáticas, física, etc.), y en materias tecnológicas conexas (electrónica, electrotecnia, etc.) se circunscriben a los aspectos de éstas que resultan útiles para el ejercicio de la ingeniería mecánica (obviamente, no se precisarán los mismos conocimientos de matemáticas, por citar un ejemplo, para ingenieros que desempeñen labores de investigación, de los precisos para aquéllos otros que efectúen labores de mantenimiento...)
- Capacidad de análisis, en su triple vertiente: capacidad para descomponer un problema complejo en sus partes constituyentes; capacidad para establecer relaciones entre las diversas partes de un todo, que aún estando más o menos relacionadas, no sea explícita tal relación; capacidad de obtener la solución de un problema por medio de sucesivas etapas de razonamiento, encadenados entre sí.
- Capacidad para "modelar" sistemas físicos, es decir, capacidad para formular "descripciones mentales, teóricas", de un problema físico, o lo que es igual, ser capaz de "representar" objetos físicos reales por un "modelo matemático" teórico, de modo que las ecuaciones matemáticas que conforman el modelo "simulen" lo más realmente posible el comportamiento físico del objeto representado.
- Capacidad de síntesis para, partiendo de una necesidad a satisfacer, ser capaz de crear, de diseñar, la máquina y sus componentes que la puedan satisfacer. Esta actividad, en cierto modo, es la contraria a la de análisis, pues se trata, en definitiva, de ir "componiendo" partes más o menos simples, para obtener al final un conjunto (máquina o sistema) de mayor complejidad.
La síntesis mecánica (el diseño mecánico) es una actividad tremendamente compleja, que exige del ingeniero importantes conocimientos, en múltiples disciplinas, capacidad para modelar sistemas físicos, capacidad de análisis, conocimiento profundo de las técnicas de fabricación y de materiales, conocimientos de disciplinas concretas que pueden ayudar (o modificar) a encontrar una solución adecuada, conocimiento de técnicas de representación (dibujo) que permitan "comunicar" la idea, etc.

¿Qué es el Ingeniero Mecánico?

- Sensibilidad ante las necesidades humanas, así como al impacto social y ambiental de su acción.

Estas aptitudes son importantes para los ingenieros que ejercen su actividad a nivel de investigación, desarrollo y diseño mecánico, permitiéndole "captar" necesidades humanas que pueden ser satisfechas mediante el diseño de nuevas máquinas o sistemas, más allá de la espera pasiva de "instrucciones" ajenas, así como "limitar" sus posibles actuaciones en el marco de una "ética profesional" acorde con los intereses superiores de la sociedad en la que se desenvuelve.

Esta "sensibilidad" para que pueda materializarse, ha de ir acompañada de una "aptitud positiva" para acometer un nuevo diseño (que significa disponer de conocimientos apropiados y desear acometer el trabajo).

- Capacidad de organización y gestión de recursos técnicos, económicos y humanos, para aquéllos que ejercen su actividad en los campos de comercialización, venta y administración.

En este contexto, el ingeniero mecánico precisa disponer de buenos conocimientos en materias económicas y sociales, que le permitan interaccionar adecuadamente con el personal colaborador y/o dependiente.

TIPOS DE INGENIEROS MECÁNICOS

Atendiendo a los dos órdenes de actividad que caracterizan la ingeniería mecánica, pueden definirse dos tipos de ingenieros mecánicos:

El primero sería aquél que ejerce su trabajo en el primer orden de actividad (fabricación, operación, mantenimiento, ensayos, comercialización, producción, etc.), y cuya denominación podría ser INGENIERO DE PRODUCCIÓN (INGENIERO MECANICO en la mayoría de los países).

El segundo es aquél que ejerce su trabajo en el segundo orden de actividad (investigación, desarrollo y diseño), y cuya denominación podría ser INGENIERO DE CONCEPCION (MASTER EN INGENIERÍA MECÁNICA en algunos países).

Evidentemente, esta clasificación no establece compartimentos estancos radicalmente separados entre las actividades desarrolladas por ambos tipos de ingenieros

Existen labores de ensayo, por ejemplo, directamente relacionadas con las de diseño e investigación, u otras de fabricación ligadas con las de desarrollo.

En términos generales puede afirmarse que el correcto desempeño de las actividades propias del segundo orden requiere el conocimiento, más o menos amplio, de las actividades propias del primero, pero no al contrario.

En todo caso, esta división en dos tipos de ingenieros mecánicos no establece "per se" ningún tipo de prevalencia de un orden sobre otro. Es más, ambos son igualmente importantes pues de los dos depende por igual el desarrollo técnico, económico y social de cualquier comunidad técnicamente avanzada.

PERFIL PROFESIONAL DE LOS DIFERENTES TIPOS DE INGENIEROS MECÁNICOS

El perfil profesional del ingeniero mecánico queda constituido por los conocimientos, capacidades y aptitudes puestas en juego en el ejercicio de su actividad, y que en gran manera viene definido por la formación recibida en el curso de sus estudios reglados, a lo que se añade su experiencia profesional y otros estudios de postgrado que pueda haber recibido.

En términos generales, los conocimientos, capacidades y aptitudes puestas en juego por cada ingeniero en el ejercicio de su profesión dependen del orden de actividad en que se encuentren integrados, o en otras palabras, del tipo de ingeniero de que se trate: ingeniero de producción o ingeniero de concepción.

Como consecuencia de ello, los perfiles profesionales de los dos tipos de ingenieros están claramente diferenciados, tanto cuantitativa como cualitativamente.

A título de ejemplo, no se requieren los mismos conocimientos matemáticos, en extensión y en profundidad, para efectuar trabajos de mantenimiento que para aquéllos de investigación. Ni tampoco se requiere la misma sensibilidad y aptitud para trabajos de fabricación que para labores de diseño.

Teniendo todo lo anterior en cuenta podemos señalar, con bastante aproximación, como perfil profesional de cada tipo de ingeniero, los siguientes:

INGENIERO DE PRODUCCION:

- Conocimiento en materias científicas básicas (matemáticas, física, química, termodinámica, etc.) a nivel medio.
- Conocimientos en materias técnicas más intensos en su propia área de especialidad (mecánica, tecnología mecánica, mecanismos, etc.)
- Conocimientos de materias económicas y sociológicas a nivel medio, en aspectos relacionados con organización y gestión de la producción.
- Cierta capacidad para trabajos prácticos (habilidades manuales).
- Capacidad de análisis a nivel medio.
- Capacidad de síntesis a nivel elemental.
- Elevada motivación para trabajos de ejecución, de realización.
- Elevada capacidad para organización, gestión y dirección de labores de producción y operación, en áreas concretas de actividad.
- Dotes de mando y sociabilidad
- Capacidad para integrarse en un grupo de trabajo.
- Conocimientos de informática a nivel elemental.
- Conocimiento de idiomas a nivel técnico, en el área de su actividad específica.

INGENIERO DE CONCEPCION:

- Fuertes conocimientos en materias básicas científicas (como herramientas fundamentales para resolver los problemas surgidos en las labores de diseño e investigación)
- Fuertes conocimientos en materias técnicas, incluso no directamente relacionadas con las áreas propias (elevada multidisciplinaridad)
- Conocimientos en materias económicas y sociológicas a nivel medio, en aspectos relacionados con la organización y gestión de la producción, así como en aquellos aspectos que repercuten en las labores de diseño y cambio tecnológico.
- Mínima capacidad para trabajos prácticos, casi siempre asociados a labores de ensayos y verificaciones.
- Elevada capacidad de análisis.
- Elevada capacidad para la "modelización" de sistemas físicos.
- Elevada capacidad de síntesis, lo que significa:
 - Habilidad para captar relaciones espaciales y visiones de conjunto
 - Capacidad para adecuar la mente a situaciones diferentes de las perceptibles por los sentidos.
 - Capacidad de inventiva.
 - Sentido de anticipación.
 - Sentido de la utilidad y capacidad de discernimiento.
 - Dotes estéticas, que le permitan generar diseño "atractivos".
 - Sensibilidad ante las necesidades humanas y al impacto social de su acción.
- Elevada motivación y capacitación para trabajos de gabinete, y menor, para trabajos de ejecución y fabricación.
- Gran capacidad de trabajo y autodisciplina.
- Capacidad de trabajo en grupo.
- Dotes de mando y sociabilidad.
- Gran capacidad para intercambio y procesamiento de la información.
- Elevados conocimientos de informática, que le permitan su uso a nivel de diseño e investigación.
- Dominio de idiomas, preferentemente inglés

Como puede observarse por los perfiles expuestos, la diferencia fundamental entre ambos se establece en cuanto que los primeros actúan en labores de ejecución y ordenación de trabajos dentro de procesos previamente definidos, mientras que los segundos actúan en labores no definidas, proponiendo, en base a un vasto ejercicio de la discrecionalidad, los propios procesamientos, equipos y materiales. La diferencia es, pues, claramente conceptual, cualitativa, y no meramente cuantitativa.

¿CÓMO ES LA ACTIVIDAD PROFESIONAL DEL INGENIERO MECÁNICO?

- Campos de actividad del ingeniero mecánico.
- Modos de ejercer la actividad el ingeniero mecánico.
- Lugares donde ejercen su actividad los ingenieros mecánicos.
- Ejemplos de actividades de los ingenieros mecánicos.

CAMPOS DE ACTIVIDAD DEL INGENIERO MECÁNICO

De acuerdo con los campos de actividad de la ingeniería mecánica, puede considerarse como campos donde los ingenieros mecánicos pueden ejercer su actividad como tales los siguientes:

- 1) Investigación
- 2) Desarrollo
- 3) Diseño
- 4) Ensayos y verificaciones
- 5) Fabricación (producción)
- 6) Mantenimiento y operación (de sistemas mecánicos complejos, que requieran la puesta en práctica de una técnica, y no de una labor especializada)
- 7) Comercialización y venta
- 8) Administración, gestión y dirección de empresas mecánicas de todo tipo.

Como es fácil de comprender, cada campo de actividad está más asociado a uno u otro tipo de ingeniero mecánico, aunque en algunos de ellos la distinción no es clara ni específica.

En términos generales puede afirmarse que los campos 1, 2, 3 y 4 son típicos de los ingenieros de concepción, mientras que los 5, 6, 7 y 8 lo son de los ingenieros de producción.

Por otro lado, también puede señalarse que las actividades 1 a 5 son más generalistas, multidisciplinarias, mientras que las restantes están más especializadas, en parcelas de actividad más concretas.

MODOS DE EJERCER LA ACTIVIDAD EL INGENIERO MECÁNICO

El ingeniero mecánico, en cualquiera de sus dos tipos, puede ejercer su actividad profesional bajo dos modalidades:

- Profesional libre
- Profesional asalariado

En el primer caso, el ingeniero mecánico actúa como un consultor privado, que "vende sus servicios", mediante un contrato individual y temporal, a todos aquellos (particulares, empresas, organismos de la administración) que lo soliciten.

El ejemplo más claro de esta actividad es la confección de proyectos mecánicos (diseños de nuevas máquinas), realización de ensayos y verificaciones, informes de averías y accidentes en máquinas o causados por éstas, etc.

En el segundo caso, el ingeniero mecánico forma parte de la plantilla laboral de una empresa pública o privada, con unas responsabilidades específicas mediante el correspondiente contrato laboral.

Al margen de las dos modalidades mencionadas, también existen gran número de ingenieros, de ambos tipos, que ejercen actividades de dirección de empresas, como tales empresarios, y no como asalariados de las mismas.

LUGARES DONDE EJERCEN SU ACTIVIDAD LOS INGENIEROS MECÁNICOS

Desde el punto de vista de su ubicación laboral, los ingenieros mecánicos ejercen su actividad en:

- Centros de investigación y desarrollo, públicos o privados
(labores de I + D)
- Centros de diseño mecánico, públicos o privados
(labores de diseño mecánico)
- Universidades y otras instituciones formativas
(labores de docencia, investigación y diseño)
- Organismos públicos de la administración
(labores de administración, gestión y control)
- Empresas productoras
(labores de fabricación, operación, mantenimiento, etc.)
- Empresas de comercialización
(labores de venta y comercialización)

EJEMPLOS DE ACTIVIDADES DE LOS INGENIEROS MECÁNICOS

Tal como podemos deducir de lo anteriormente expuesto, la actividad de los ingenieros mecánicos abarca prácticamente todos los campos de la administración y la industria en sus diferentes modalidades, dependiendo no sólo de la propia titulación, sino mucho más de las circunstancias particulares de cada caso concreto.

A continuación vamos a exponer algunos ejemplos de actividades de los ingenieros mecánicos, en diferentes parcelas, a título de referencia.

Investigación y desarrollo:

- Aplicación de sistemas expertos a la síntesis de mecanismos y máquinas, y al mantenimiento de éstas.
- Métodos para el diseño de mecanismos y máquinas considerando la flexibilidad de los componentes mecánicos, las holguras en sus uniones, etc.
- Métodos para diseños optimizados de máquinas y sus elementos (teorías de optimización matemática aplicadas a diseños de componentes de menor costo, menor peso, etc.)
- Tribología aplicada al diseño de máquinas (aspectos relativos a los rozamientos, desgaste y lubricación)
- Mecánica de la fractura aplicada al diseño de componentes de máquinas (aspectos relativos a la aparición y crecimiento de grietas, origen de fallos en los materiales)
- Teorías de fiabilidad aplicadas al diseño de máquinas (Estudios estadísticos sobre probabilidades de fallos, aplicados al diseño de componentes y sistemas más seguros)
- Aplicación de nuevos materiales en la construcción de máquinas (plásticos, cerámicos, fibras, etc.)
- Métodos para diseños optimizados de robots y manipuladores
- Métodos y diseños para mejorar los rendimientos de las máquinas térmicas, motores, turbinas, etc.
- Diseño de prótesis y miembros artificiales, incluyendo los materiales para los mismos.
- Métodos para optimización del trabajo en fábricas automatizadas (fabricación flexible)
- Desarrollo de software para diseño y fabricación asistidos por ordenador
- Diseño de vehículos no contaminantes (en cuanto a humos, ruidos, vibraciones, etc.)
- Diseño de vehículos inteligentes, y de sistemas de información en ruta.

¿Cómo es la actividad profesional del Ingeniero Mecánico?

Diseño

- Máquina para llenado automático de bolsas de tierra en viveros de plantas
- Mecanismo controlado por ordenador para simular el comportamiento de animales antidiluvianos.
- Pistola trepadora para pintar postes de alumbrado (sin interrupción del tráfico)
- Aeromotor para desalar agua de mar
- Planta energética autónoma elemental, para mejorar la calidad de vida en los países subdesarrollados.
- Sistema semiautomático para recogida de residuos sólidos urbanos
- Vehículo recreativo para mar y playa
- Central de mecanizado de propósito específico
- Portacontenedores sobre neumáticos, programable.
- Sistema de descarga automática de barcos de pesca.
- Manipulador neumático programable, de propósito docente.
- Automóvil propulsado por energía solar.
- Sistema de pesaje automático de vehículos en carretera.

Docencia

- Profesor de Universidad (pública o privada)
 - A tiempo completo
 - A tiempo parcial (proveniente de empresa)(En prácticamente todas las áreas de conocimiento relativas a ciencias y técnicas)
- Profesor de centros de Formación Profesional y B.U.P. (públicos o privados).

Administración y gestión en organismos públicos

- Ministerio de Industria y Energía
- Ministerio de Economía y Comercio
- Ministerio de Hacienda (Inspectores de Hacienda)
- Ministerio de Asuntos Exteriores (agregado a embajadas)
- Ministerio del Ejército (Ingenieros militares)
- Comunidades autónomas (Consejerías de Industria, etc.)
- Ayuntamientos (Dirección y gestión de servicios de limpieza, alumbrado, transportes, etc.)

Fabricación

- Industrias del acero, maquinaria agrícola, producción y tratamiento de aguas, armamento, astilleros, astronáutica, autoniveles, calzados, canterías, centrales eléctricas, refinerías, construcción civil, textil, impresión, fabricación de maquinaria-herramientas, fabricación de electrodomésticos, fabricación de muebles, fabricación de maquinaria para el ocio y el entrenamiento, industria agroalimentaria, industria informática y electrónica, minería, industria del vidrio, industria de la óptica, etc.

¿CÓMO ES LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS MECÁNICOS?

- Perfiles generales de la formación de los ingenieros mecánicos.
- Contenidos generales de la formación de los ingenieros mecánicos.
- Contenidos y metodologías según los tipos de ingenieros mecánicos.

PERFILES GENERALES DE LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS MECÁNICOS

En términos generales, pueden apuntarse como los rasgos más característicos de la formación de los ingenieros mecánicos, en sus dos tipos, los siguientes:

- Importante apoyo de conocimientos científicos básicos, aunque sólo en la medida que sean útiles, aplicables (por ejemplo, no se trata de saber matemáticas "per se", sino en la medida que estas sean aplicables a la resolución de problemas ingenieriles ...).
- Acusado carácter "bidimensional" en la medida que el desarrollo de cualquier producto ingenieril requiere el concurso de muy variadas disciplinas, en áreas científicas, técnicas, económicas, etc.
- Amplio carácter "multidisciplinar", en la medida que el desarrollo de cualquier producto ingenieril requiere el concurso de muy variadas disciplinas, en áreas científicas, técnicas, económicas, etc.
- Necesidad de aprendizajes relacionados con la aplicación "discrecional" de los conocimientos, con el discernimiento, es decir, que capaciten para la "toma de decisiones" entre un amplio abanico de posibilidades.
- Conocimientos de técnicas tanto a nivel "internacional", como a nivel "local".
(La ingeniería, en la medida que su objetivo es "fabricar productos", no sólo ha de conocer el "estado del arte" al máximo nivel, sino también tener muy presentes los "recursos reales" que están a su alcance, pues serán los que en definitiva permitirán la realización del producto diseñado...).
- Finalmente, y a título de resumen, el principal rasgo que ha de definir la formación de los ingenieros mecánicos, y que de alguna manera resume todos los anteriores, es que la "competencia", las "pautas de conducta" que los estudiantes adquieran con la misma han de ser "aplicables" y ello es cierto tanto si se trata de "usar" una tecnología desarrollada, como más aún, si se pretende contribuir a "generarla".

CONTENIDOS GENERALES DE LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS MECÁNICOS

Desde el punto de vista de los contenidos, la formación de los ingenieros mecánicos, en sus dos tipos, puede dividirse en tres grupos de disciplinas:

Unas que podríamos denominar "básicas", que procuran los soportes científicos y técnicos para fundamentar las materias de la propia especialidad.

Otro grupo lo constituyen las "materias propias" de la especialidad, y por aplicación de las cuales el ingeniero mecánico puede ejecutar sus tareas como tal.

Un tercer grupo lo constituyen un conjunto de "materias complementarias", indirectamente relacionadas con la especialidad, pero imprescindibles también para el correcto desempeño de la ingeniería mecánica.

Materias generales básicas:

- Álgebra y cálculo matemático
- Informática
- Cálculo numérico
- Física general
- Mecánica de sólidos
- Mecánica de fluidos
- Termodinámica
- Elasticidad y resistencia de materiales
- Dibujo técnico
- Geometría descriptiva

Materias propias de la especialidad:

- Cinemática y dinámica de máquinas
- Cálculo, construcción y ensayo de máquinas
- Tecnología mecánica
- Materiales
- Teoría de estructuras
- Estructuras metálicas
- Máquinas hidráulicas y de fluidos
- Motores térmicos
- Transportes y automóviles
- Termotecnia
- Tecnología frigorífica y de aire acondicionado

Materias complementarias de mayor interés para el ingeniero mecánico:

- Electrónica industrial
- Regulación automática
- Administración de empresas
- Organización de la producción
- Idiomas

CONTENIDOS Y METODOLOGÍAS SEGÚN LOS TIPOS DE INGENIEROS MECÁNICOS

De acuerdo con el perfil profesional de los ingenieros técnicos mecánicos, y de los ingenieros mecánicos, podríamos señalar, en términos generales, como diferencias más importantes entre ambas formaciones, las siguientes:

- Los períodos formativos son más largos para los ingenieros que para los ingenieros técnicos.
- El grado de abstracción y profundización en los conocimientos también es mayor.
- La importancia de la conceptualización en el enfoque de los problemas es superior en el caso de los ingenieros que para los ingenieros técnicos.
- El grado de interdisciplinaridad de los conocimientos también ha de ser mayor para los ingenieros que para los ingenieros técnicos.
- La importancia del análisis y la síntesis en el enfoque del aprendizaje es mayor en los primeros que en los segundos.
- La especialización y concreción de los conocimientos recibidos es mayor en los ingenieros técnicos que en los ingenieros.
- La aptitud (y actitud) para realizaciones materiales concretas, como resultado del aprendizaje, ha de ser mayor para los ingenieros técnicos que para los ingenieros.

De todo lo anterior se deduce que el proceso educativo difiere profundamente de un tipo de ingeniero a otro, tanto en los conocimientos adquiridos como en las metodologías consecuentes.

A título de resumen, podríamos señalar como aspectos más definatorios:

INGENIEROS TÉCNICOS MECÁNICOS:

- Especialización más profunda en áreas concretas de la ingeniería mecánica.
- Formación teórica media, de acuerdo con las exigencias de la especialización elegida.
- Nivel de interdisciplinaridad media, de acuerdo también con la especialización.
- Enfoque práctico de los conocimientos, sin excesivo énfasis en planteamientos teóricos y conceptuales.
- Entrenamiento profundo para tomar decisiones correctas en las labores correspondientes a su especialización.
- Habilidad para realizaciones materiales (aunque no a nivel de especialista).
- Enseñanza de corte directivo, con recursos a formularios, catálogos y manuales de instrucciones.

INGENIEROS MECÁNICOS:

- Formación teórica profunda, y fuertemente multidisciplinar.
- Enfoque conceptual de los conocimientos con énfasis en la discusión de los conceptos, la justificación de los supuestos, etc., más allá del uso de formularios y catálogos.
- Escasa habilidad para realizaciones materiales concretas.
- Entrenamiento profundo para la creatividad, el discernimiento, en labores no definidas previamente.
- Enseñanza de corte no directivo, discrecional, con participación activa del estudiante, en la que destaquen la discusión de los problemas, la ejecución de proyectos e informes, la participación en trabajos en grupo, la consideración de factores relacionados con aspectos económicos y sociales...

En resumen, una metodología encaminada a lograr lo que el estudio de una serie de materias disociadas no puede conseguir: el sentido del discernimiento, la capacidad de autocrítica, la cooperación en grupos de trabajo, las facultades de innovación, el sentido social de la acción ingenieril.