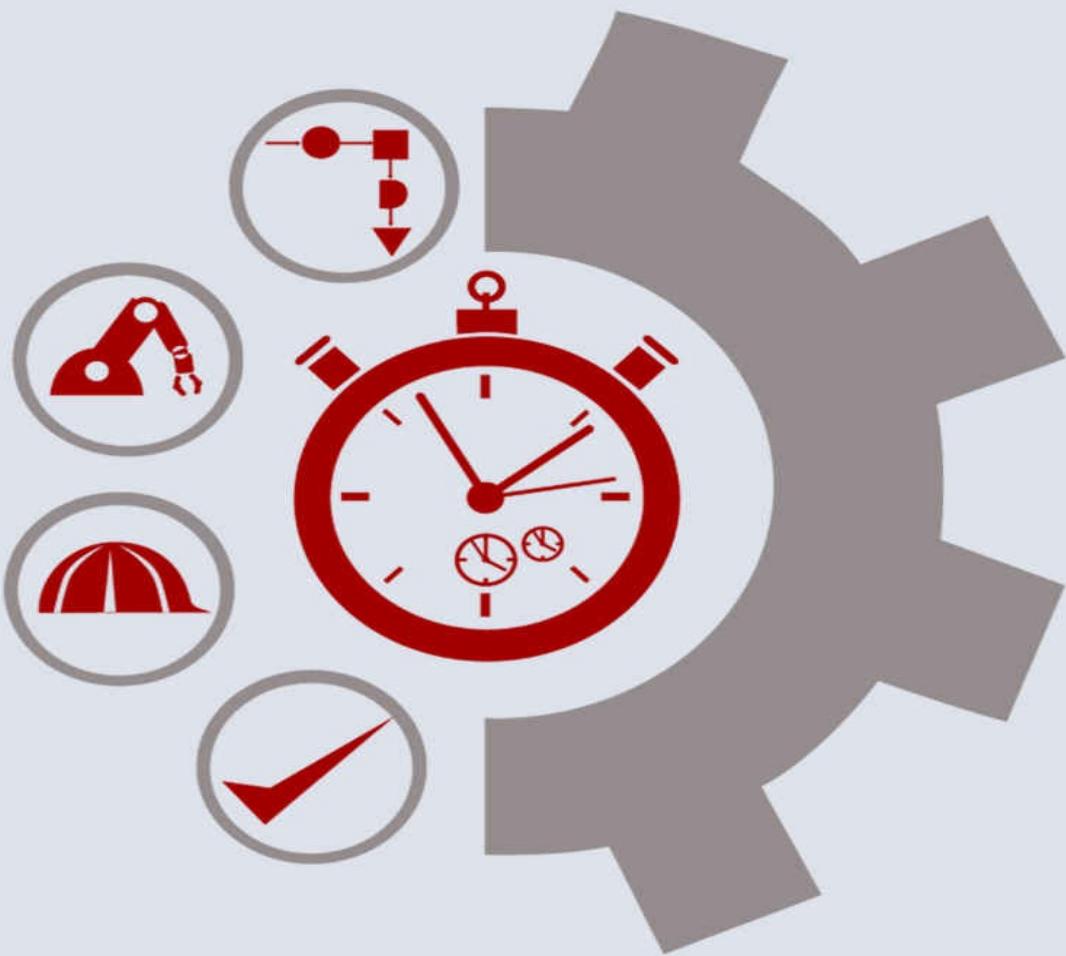


Ing. Miguel D'Addario

# MECATRÓNICA

## Procesos, métodos y sistemas

### Ingeniería industrial

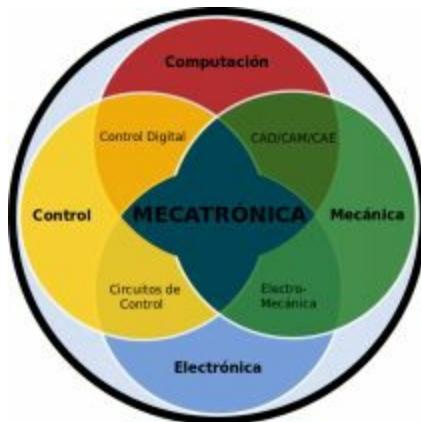


Primera edición

Descubrir la Mecatrónica a través de los procesos mecánicos, electrónicos, informáticos, robóticos, nanotecnológicos y los automatismos industriales.

# MECATRÓNICA

## Procesos, métodos y sistemas



# Ing. Miguel D'Addario

ISBN-13: 978-1981990245

ISBN-10: 1981990240

Derechos reservados  
Safe Creative

Primera edición  
Comunidad Europea  
2018

## Índice

### Introducción

Un ingeniero mecatrónico se capacita para:

Su principal objetivo es cubrir ciertas necesidades como:

Las principales industrias que utilizan la mecatrónica son:

### Mecatrónica

Objetivos

Historia del transistor

Huecos (tipo P) o electrones (tipo N)

Control

1<sup>a</sup> Revolución industrial

2<sup>a</sup> Revolución industrial

3<sup>a</sup> Revolución

Definición mecatrónica y componentes de un sistema mecatrónico.

Surgimiento de la palabra mecatrónica

Áreas de desempeño de la mecatrónica

Campos de aplicación de la mecatrónica

## Sistemas Mecatrónicos

¿Qué es un sistema mecatrónico?

Las partes de un sistema mecatrónico son:

¿Por qué mecatrónica?

Diseño mecatrónico

¿Qué puede hacer la mecatrónica?

Concepto de mecatrónica

Clasificación de los sistemas mecatrónicos

Dispositivos y elementos para mecatrónica

Ejemplos de sistemas mecatrónicos

Definiciones

Definiciones de mecatrónica

Alcances

Sistemas de control automático

Antecedentes

El control por realimentación

## Diferencias de la Mecatrónica y la robótica

Robótica

Historia de la robótica

Según su cronología

1.<sup>a</sup> Generación

2.<sup>a</sup> Generación

3.<sup>a</sup> Generación

4.<sup>a</sup> Generación

Según su estructura

1. Poliarticulados

2. Móviles

3. Androïdes

4. Zoomórficos

5. Híbridos

[Relación de la mecatrónica y la robótica](#)

[La mecatrónica](#)

[La historia de la mecatrónica y su función](#)

[La robótica](#)

[Historia de la robótica](#)

[Relación de robótica y mecatrónica](#)

[Un lavarropas programable no es obviamente un robot ¿Por qué?](#)

[Mecatrónica, Robótica y su vinculación con el arte](#)

### [Componentes de los sistemas mecatrónicos](#)

[Sensores](#)

[Actuadores](#)

[Sistemas generales de medición en mecatrónica](#)

[Sistemas de medición](#)

[Cantidad física](#)

[Efecto Doppler](#)

[Efecto fotovoltaico](#)

[Efecto fotoconductor](#)

[Efecto Kerr](#)

[Principio de Arquímedes](#)

[Medición, exactitud, y precisión](#)

[Conceptos de Transductor, Sensor y Actuador](#)

[Sensor - Aporte de energía](#)

[Activo o generador](#)

[Transductor](#)

[Diferencia sensor y transductor](#)

[Actuador](#)

### [Proyecto de laboratorio](#)

[Objetivos](#)

[Características del sistema](#)

[Material](#)

[Entrega del proyecto](#)

[Sitio web de búsqueda](#)

### [Sistemas electrónicos para mecatrónica](#)

[Diseño electrónico](#)

[Retos del diseño eléctrico](#)

[Dimensión virtual del motor DC](#)

### [Sistema mecánico en mecatrónica](#)

[Sistema mecánico](#)

[Sistema electromecánico](#)

[Enfoque tradicional al diseño](#)

[Enfoque de la mecatrónica al diseño](#)

[Prototipo virtual de máquinas](#)

[Retos en el diseño mecánico](#)

Pasos de simulación electromecánica

Consideraciones adicionales de diseño:

### **Diseño Mecatrónico**

Arquitectura

Elementos funcionales de un producto

Elementos físicos de un producto

Para agrupar los elementos se considera lo siguiente:

Metas del diseño industrial

Proceso del diseño industrial

Pasos a seguir en el diseño para manufactura

Los principales beneficios de un diseño robusto

Prototipo físico

Prototipo analítico

Prototipo global

Prototipo centrado

Tipos de prototipo

Prototipo alfa

Prototipo beta

### **Interpretación de planos eléctricos**

Tipos de planos eléctricos

Hay tres tipos básicos de planos

Plano general

Plano de funcionamiento

Plano de circuitos

Planos eléctricos

Simbología e identificación

¿Qué representan los símbolos en un plano eléctrico?

Planos eléctricos. Interpretación

Identificación de elementos en planos eléctricos

Complementos para la identificación de elementos

Los diagramas esquemáticos se dividen en:

Denominación del plano

Método para la localización de fallas

Planos con circuitos eléctricos en controladores programables (PLC)

Interpretación de planos mecánicos

¿Qué es un plano?

Tipos de planos

Las líneas en los planos

Generalidades sobre el rayado

Representación de piezas

Planos mecánicos

Plano de montaje

Plano en perspectiva explosiva

[Interpretación de planos neumáticos hidráulicos](#)

[Diagrama neumático](#)

[Símbolos empleados en sistemas neumáticos](#)

[Símbolos del grupo de abastecimiento de energía](#)

[Válvulas distribuidoras](#)

[Válvulas de bloqueo](#)

[Válvulas reguladoras de presión](#)

[Válvulas reguladoras de caudal](#)

[Símbolos del grupo de actuadores](#)

[Cilindros](#)

[Motores](#)

## [Metrología](#)

[Bosquejo histórico](#)

[Metrología legal](#)

[Metrología científica](#)

[Metrología industrial](#)

[Enlaces de Metrología, normalización y evaluación de la conformidad](#)

[Organizaciones Internacionales de Metrología](#)

[Errores en las mediciones](#)

[Clasificación de errores en cuanto a su origen](#)

[Errores por el instrumento o equipo de medición](#)

[Errores por el instrumento o equipo de medición](#)

[Errores del operador o por el método de medición](#)

[Error por el uso de instrumentos no calibrados](#)

[Error por la fuerza ejercida al efectuar mediciones](#)

[Error por instrumento inadecuado](#)

[Error por puntos de apoyo](#)

[Errores por método de sujeción del instrumento](#)

[Error por distorsión](#)

[Error de paralaje](#)

[Error de posición](#)

[Error por desgaste](#)

[Error por condiciones ambientales](#)

[Humedad](#)

[Polvo](#)

[Temperatura](#)

[Medida del error](#)

[Sistema de unidades y patrones](#)

[Equivalencias](#)

[Sistema inglés](#)

[Calibración y certificación](#)

[Metrología de materiales](#)

[Metrología mecánica](#)

[Ejemplo de calibradores](#)

[Uso de certificados de calibración](#)

[Contenido de los certificados](#)

[Instrumentos de medición mecánicos](#)

[Instrumentos básicos](#)

[Flexómetro](#)

[Regla graduada](#)

[Instrumentos especiales](#)

[Patrones de radios](#)

[Compases](#)

[Calibres telescopicos](#)

[Calibres angulares](#)

[Máquinas para medición lineal](#)

[Calibradores vernier](#)

[Micrómetro o Palmer](#)

[Tipos de medidas](#)

[Uso del Micrómetro](#)

## [Tolerancias](#)

[Evolución tecnológica](#)

[Tipos de tolerancias](#)

[Definiciones](#)

[Diferencia efectiva: diferencia entre la medida efectiva y la nominal](#)

[Representación de las tolerancias](#)

[Representación Normalizada ISO](#)

[La medida nominal \(en milímetros\)](#)

[Calidad de las tolerancias](#)

[Calidades de 01 a 3 en ejes y 01 a 4 en agujeros](#)

[Calidades superiores a 11](#)

[Índice de calidad](#)

[Posición de la zona de tolerancia](#)

## [Ajustes](#)

[Tipos de ajustes](#)

[Ajuste con juego](#)

[Ajuste con aprieto](#)

[Ajuste indeterminado](#)

[Representación de los ajustes](#)

[Sistemas de ajuste](#)

[Sistema de ajuste de eje único o eje base](#)

[Sistema de ajuste mixto](#)

[Elección de los juegos límites](#)

[Elección de los ajustes. Aplicaciones](#)

[Verificación de las tolerancias](#)

[Medición indirecta](#)

Tolerancias dimensionales generales

Ventajas de las tolerancias generales

Las dos normas fundamentales que las regulan son:

**Informática en la ingeniería mecatrónica**

Definiciones básicas

Sistema Informático

Software

Programación

PLC (Controlador Lógico Programable)

Entre las principales ventajas de trabajar con PLC's tenemos:

Comunicación y protocolos de comunicación entre PLC

**Nanotecnología**

Nanotecnología

Historia

Comparaciones de los tamaños de los nanomateriales.

Conceptos fundamentales

De lo más grande a lo más pequeño: una perspectiva desde los materiales

De lo simple a lo complejo: una perspectiva molecular

Nanotecnología molecular: una visión de largo plazo

Investigación actual

Nanomateriales

Acercamientos desde el fondo hacia arriba

Acercamientos desde arriba hacia abajo

Acercamientos funcionales

Acercamientos biomiméticos

Especulativos

Herramientas y técnicas

Inversión

Ensamblaje interdisciplinario

Nanotecnología avanzada

Futuras aplicaciones

Aplicaciones actuales

Nanotecnología aplicada al envasado de alimentos

**Conclusión**

**Bibliografía**



## Introducción

La ingeniería mecatrónica es una disciplina que une la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, ingeniería de control e ingeniería informática, y sirve para diseñar y desarrollar productos que involucren sistemas de control para el diseño de productos o procesos inteligentes, lo cual busca crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano a través de procesos electrónicos en la industria mecánica, principalmente. Debido a que combina varias ingenierías en una sola, su punto fuerte es la versatilidad.

Un consenso común es describir a la mecatrónica como una disciplina integradora de las áreas de mecánica, electrónica e informática cuyo objetivo es proporcionar mejores productos, procesos y sistemas industriales. La mecatrónica no es, por tanto, una nueva rama de la ingeniería, sino un concepto recientemente desarrollado que enfatiza la necesidad de integración y de una interacción intensiva entre diferentes áreas de la ingeniería.

Con base en lo anterior, se puede hacer referencia a la definición propuesta por J. A. Rietdijk: "Mecatrónica es la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, de la electrónica, del control automático y de los sistemas para el diseño de productos y procesos", la cual busca crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano a través de procesos electrónicos en la industria mecánica principalmente. Existen, claro está, otras versiones de esta definición, pero ésta claramente enfatiza que la mecatrónica está dirigida a las aplicaciones y al diseño.

La mecatrónica nace para suplir tres urgentes necesidades latentes; la primera, encaminada a automatizar la maquinaria y así lograr procesos

productivos ágiles y confiables; la segunda crear productos inteligentes, que respondan a las necesidades del mundo moderno; y la tercera, por cierto muy importante, armonizar entre los componentes mecánicos y electrónicos de las máquinas, ya que en muchas ocasiones, era casi imposible lograr que tanto mecánica como electrónica manejarán los mismos términos y procesos para hacer o reparar equipos.

Un ingeniero en mecatrónica es un profesional con amplio conocimiento teórico, práctico y multidisciplinario capaz de integrar y desarrollar sistemas automatizados y/o autónomos que involucren tecnologías de varios campos de la ingeniería. Este especialista entiende sobre el funcionamiento de los componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y computacionales de los procesos industriales, y tiene como referencia el desarrollo sostenible.

Tiene la capacidad de seleccionar los mejores métodos y tecnologías para diseñar y desarrollar de forma integral un producto o proceso, haciéndolo más compacto, de menor costo, con valor agregado en su funcionalidad, calidad y desempeño.

Su enfoque principal es la automatización industrial, la innovación en el diseño y la construcción de dispositivos y máquinas inteligentes.

*Un ingeniero mecatrónico se capacita para:*

- × Diseñar, construir e implementar productos y sistemas mecatrónicos para satisfacer necesidades emergentes, bajo el compromiso ético de su impacto económico, social, ambiental y político.
- × Generar soluciones basadas en la creatividad, innovación y mejora continua de sistemas de control y automatización de procesos industriales.
- × Apoyar a la competitividad de las empresas a través de la automatización de procesos.
- × Evaluar, seleccionar e integrar dispositivos y máquinas mecatrónicas, tales como robots, tornos de control numérico, controladores lógicos programables, computadoras industriales, entre otros, para el mejoramiento de procesos industriales de manufactura.
- × Dirigir equipos de trabajo multidisciplinario.

*En el plan de estudios de la ingeniería mecatrónica usualmente se encuentra:*

- × Matemáticas: lógica Matemática y conjuntos, cálculo diferencial e integral, álgebra lineal, cálculo vectorial, ecuaciones diferenciales, variable compleja, probabilidad y estadística, métodos numéricos.
- × Física: mecánica clásica, electricidad y magnetismo, termodinámica, óptica, estática, cinemática y dinámica de cuerpo rígido, mecánica de fluidos.
- × Eléctrica y electrónica: electrónica digital, electrónica analógica, filtros electrónicos, circuitos eléctricos en el dominio del tiempo y frecuencia, sistemas embebidos, procesamiento digital de señales, electrónica de potencia, sensores y actuadores, sistemas

electromecánicos.

- × Computación: programación estructurada, programación orientada a objetos, sistemas en tiempo real, programación concurrente, simulación de sistemas.
- × Ingeniería mecánica: ciencia e ingeniería de materiales, mecánica de materiales, procesos de manufactura, diseño asistido por computadora (CAD), manufactura integrada por computadora (CAM), elemento finito (CAE), análisis y síntesis de mecanismos, diseño de elementos de máquinas, neumática e hidráulica, vibraciones mecánicas, mantenimiento preventivo y correctivo.
- × Control automático: sistemas lineales enfoque clásico, sistemas lineales enfoque moderno, sistemas lineales digitales enfoque clásico y moderno, sistemas no lineales, identificación de sistemas.
- × Mecatrónica: diseño mecatrónico, robótica, optimización en ingeniería, sistemas de manufactura flexible, automatización, control de sistemas mecatrónicos.
- × Ingeniería industrial: contabilidad de costos, ingeniería económica, administración de empresas, administración de proyectos, investigación de operaciones, sistemas de calidad, desarrollo sustentable, tecnología y medio ambiente.
- × Especialidad: El estudiante de ingeniería en mecatrónica debe tener un grupo de materias optativas que le permitan ser especialista en algún campo de aplicación de la mecatrónica. Así, si el estudiante desea continuar con estudios de posgrado o trabajar, tendrá una formación sólida. La especialidad debe contener componentes importantes de teoría y práctica, convergiendo a un proyecto que dará como resultado, patentes y publicaciones científicas.

Entendiendo que la mecatrónica abarca disciplinas muy amplias y complejas podemos decir que tiene muchos campos de aplicación. De hecho, la mecatrónica pretende ser esa disciplina o Ingeniería en la que los productos se fabriquen teniendo en cuenta todas las ingenierías y no estando separadas como tradicionalmente. Su punto fuerte es la versatilidad para crear mejores productos, procesos o sistemas. La Mecatrónica no es un concepto nuevo o una ingeniera nueva, sino, la síntesis de ciertas áreas de ingeniería.

*Su principal objetivo es cubrir ciertas necesidades como:*

- × Automatizar la maquinaria: así se consigue que sea ágil, productiva y fiable.
- × Creación de productos inteligentes: que sobre todo responden a las necesidades del ser humano.
- × Que haya armonía entre componentes mecánicos y electrónicos (hasta ahora la mecánica y la electrónica no manejaban los mismos términos lo que dificultaba los procesos de fabricación o reparación de diferentes equipos).

*Las principales industrias que utilizan la mecatrónica son:*

- × Empresas de la Industria de la Automatización: empresas que utilizan sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales.
- × Empresas de la Industria de Manufactura Flexible: aquellas que se dedican a fabricar sistemas o componentes eléctricos o electrónicos de forma automática.
- × Por tanto, la mecatrónica puede aplicarse a muchos campos, desde la medicina hasta la minería, pasando por la industria farmacéutica, industria mecánica, automovilística, textil, comunicaciones, alimentación, comercio... y un largo etcétera.
- × La fabricación de productos como robots, automóviles, órganos humanos biónicos, naves aeroespaciales, aviones, etc., están basados ya en esta disciplina.

El campo ocupacional actual del ingeniero en mecatrónica está en empresas de la industria automotriz, manufacturera, petroquímica, metal-mecánica, alimentos y electromecánica, realizando sobre todo actividades de diseño, manufactura, programación de componentes y sistemas industriales y equipo especializado, así como en la promoción y activación de empresas de servicios profesionales.

Automatización: en la gran mayoría de las empresas del sector industrial, comercial y de servicios donde se utiliza con mayor incidencia los medios electrónicos y de automatización; ejerciendo la profesión en empresas de tipo: minera, manufactura, electricidad, comercio, comunicaciones y servicios; asimismo, por cuenta propia puede desarrollar la actividad profesional en gestión de empresas, ejecutando libremente servicios

específicos requeridos por los clientes.

Manufactura flexible: empresas dedicadas a la fabricación de sistemas y componentes eléctricos o electrónicos. Empresas dedicadas a integrar proyectos de automatización de procesos. Área de mantenimiento de sistemas automatizados en: Industrias químicas, farmacéuticas, transformación de la madera, metal mecánica, automotriz, textil y de la confección, proceso de alimentos, sector eléctrico, empresas dedicadas a proporcionar servicios generales especializados.

La mecatrónica tiene como antecedentes inmediatos a la investigación en el área de cibernetica realizada en 1936 por Alan Turing, en 1948 por Norbert Wiener y Morthy, las máquinas de control numérico, desarrolladas inicialmente en 1946 por George Devol, los manipuladores, ya sean teleoperados, en 1951 por Goertz, o robotizados, en 1954 por Devol, y los autómatas programables, desarrollados por Bedford Associates en 1968.

En 1969, Tetsuro Mori, ingeniero de la empresa japonesa Yaskawa Electric Co., acuña el término mecatrónica, y en 1971 se le otorga el derecho de marca. En 1982 Yaskawa permite el libre uso del término.

En los años setenta, la mecatrónica se ocupó principalmente de la tecnología de servomecanismos usada en productos como puertas automáticas, máquinas automáticas de autoservicio y cámaras "auto-focus". En este enfoque pronto se aplicaron métodos avanzados de control. En los años ochenta, cuando la tecnología de la información fue introducida, los ingenieros empezaron a incluir microprocesadores en los sistemas mecánicos para mejorar su desempeño. Las máquinas de control numérico y los robots se volvieron más

compactos, mientras que las aplicaciones automotrices como los mandos electrónicos del motor y los sistemas anticerrado y frenando se hicieron extensas. Por los años noventa, se agregó la tecnología de comunicaciones, creando productos que podían conectarse en amplias redes. Este avance hizo posibles funciones como la operación remota de manipuladores robóticos. Al mismo tiempo, se están usando novedosos microsensores y microactuadores en nuevos productos.

Los sistemas microelectromecánicos como los diminutos acelerómetros de silicio que activan las bolsas de aire de los automóviles.

---

## Mecatrónica

## *Objetivos*

Conocer que son y cómo se integran cada una de las disciplinas que componen la mecatrónica.

Conocer la aparición de los primeros sistemas de control mecánico y como se convirtieron en sistemas electromecánicos.

Conocer la historia del nacimiento de la mecatrónica y como se difundió en el mundo.

Establecer la diferencia del trabajo interdisciplinario y multidisciplinario en la mecatrónica.

La palabra mecatrónica se puede dividir en meca de mecánica y trónica de electrónica, sin embargo, abarca otras áreas del conocimiento como los son el control y la computación. Para estudiar la mecatrónica es indispensable conocer un poco acerca de la historia de cada una de las principales áreas que la componen. Iniciando por la mecánica, la cual se puede decir que muestra sus primeros rastros en la edad de piedra con la fabricación de las primeras herramientas a base de sílex, posteriormente en el año 287-212 A.C.

Arquímedes, matemático e inventor plantea la Ley de palanca, inventa la polea compuesta, la catapulta de espejos y el tornillo sin fin entre otros. Pero tal vez la ley planteada más conocida se conoce comúnmente como el principio de Arquímedes, la cual establece “que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una pérdida de peso igual al peso del volumen del fluido que desaloja”. Años más tarde llega Herón de Alejandría un matemático y físico en el año 20-62 D.C. quien escribió trece obras sobre mecánica, matemáticas y física e inventó varios aparatos novedosos como la aelipila: una máquina de vapor giratoria, la fuente de Herón: un aparato neumático que produce un chorro vertical de agua por la presión del aire y la dioptra: un primitivo instrumento geodésico usado para medir distancias en la tierra.

Posteriormente en la Edad Media en el siglo XV aparece Leonardo Da Vinci,

arquitecto, escultor, ingeniero y sabio italiano, que además de sus obras artísticas como la Gioconda y La Ultima Cena entre las más célebres, se destacó por inventar máquinas ingeniosas como el traje de buzo y máquinas voladoras que para la época no tenían aplicación práctica inmediata.

El desarrollo de la mecánica con Kepler y Copérnico contribuyó posteriormente al desarrollo de la mecánica celeste, entiendo el movimiento de los cuerpos en el espacio.

Luego las leyes del movimiento en la tierra en el siglo XVI con Galileo Galilei, astrónomo, matemático, filósofo y físico a quien se le atribuye la Ley del péndulo, la invención del telescopio, el estudio sobre la caída de cuerpos y dio algunos indicios acerca de la Ley gravitacional sin darle carácter de Ley universal.

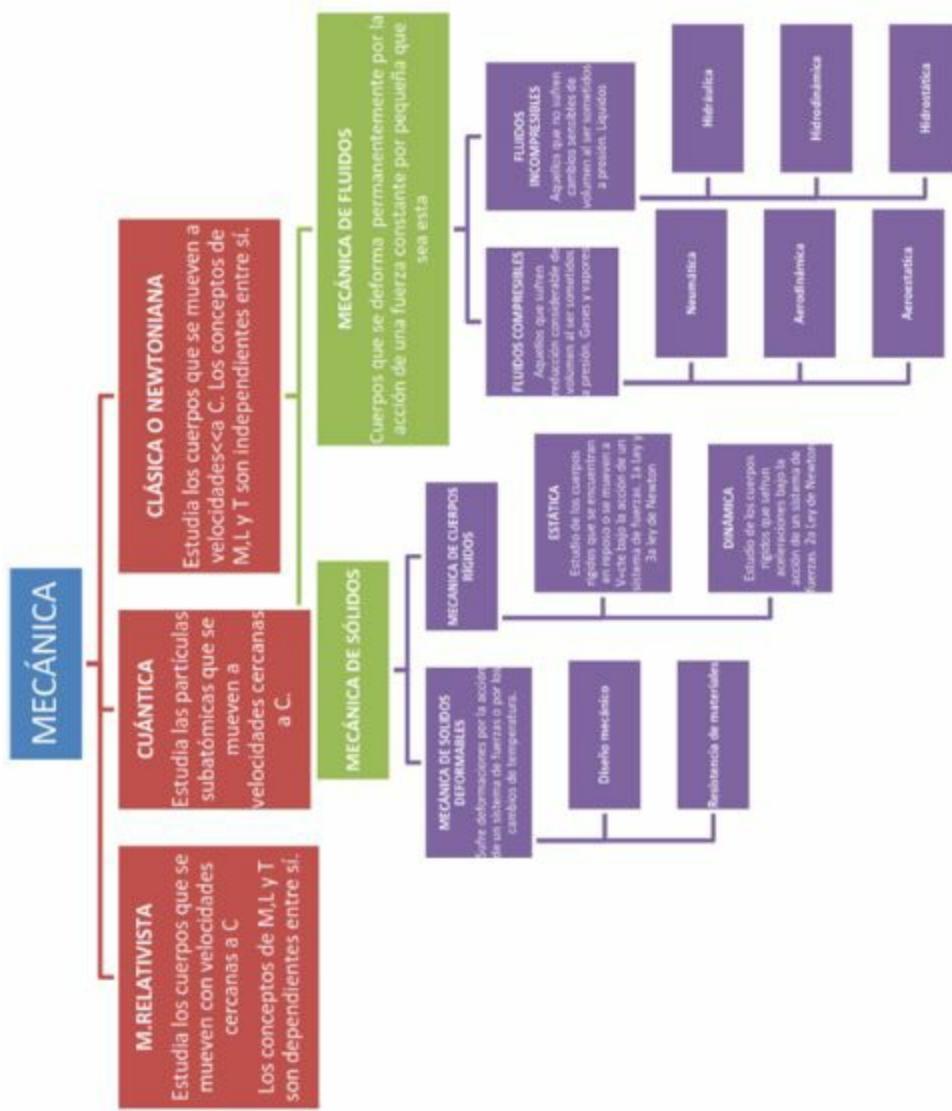
Posteriormente los experimentos de Galileo sobre cuerpos uniformemente acelerados condujeron a Newton a formular leyes fundamentales de movimiento de movimiento, como los son la 1a ley de Newton que establece que “Todo cuerpo permanecerá en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado” y la 3<sup>a</sup> Ley de Newton que establece que “Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria; las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en sentidos opuestos”.

Y por último plantea la 2<sup>a</sup> Ley de Newton que establece que “El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime”, esta ley explica las condiciones necesarias para modificar el estado de movimiento o reposo de un cuerpo.

Según Newton estas modificaciones sólo tienen lugar si se produce una interacción entre dos cuerpos, entrando o no en contacto y se expresa mediante la famosa ecuación.

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad [1]$$

Una vez conocidas la historia de todas estas teorías planteadas, se puede pretender definir la mecánica como la rama de la física que estudia los cuerpos en reposo o en movimiento bajo la acción de cargas.



Electrónica: rama de la física que estudia el movimiento de los electrones en un conductor o en un semiconductor. Lo que quiere decir que aprovecha los fenómenos provocados por el flujo de electrones entre dos cuerpos con cargas eléctricas opuestas para aplicarlos en la transmisión y manipulación de la información. La electrónica se divide en dos ramas fundamentales; analógica y digital.



Ramas fundamentales de la electrónica

La electrónica analógica es la que obtiene, manipula, transmite y reproduce la información de forma que en cualquier parte del proceso la señal es una imagen fiel del original. En electrónica analógica son tres los dispositivos básicos utilizados; las resistencias, los condensadores y los basados en semiconductores como los diodos y transistores. Las resistencias, como su propio nombre lo indica, se oponen al paso de la corriente eléctrica y ayuda a limitar la corriente que fluye en el circuito cuando se le aplica un voltaje determinado. Los condensadores son capaces de almacenar una pequeña cantidad de energía, por lo que inicialmente se usaron para equilibrar las cargas eléctricas existentes en el circuito, aunque su ámbito de aplicación se ha ampliado en la electrónica digital a la de almacenes de información. Y, por último, los diodos son utilizados aprovechando su capacidad de permitir el paso de la corriente eléctrica en un

solo sentido, mientras que los transistores permiten controlar el paso de la corriente.

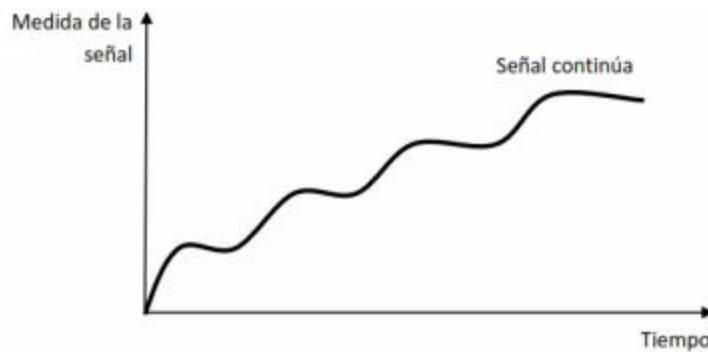
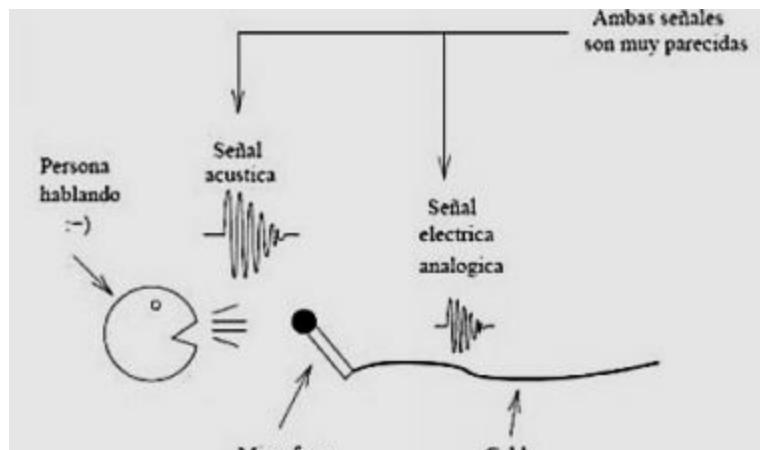


Figura característica de una señal análoga

Un ejemplo típico sería la radio; mediante un micrófono se convierte el sonido (el movimiento ondulatorio del aire) en una corriente eléctrica que inyectada en un aparato emisor, es trasladada desde el ancho de banda de la voz humana (de 5 Hertzios a 20 Kiloterzios) hasta las frecuencias muy superiores del espectro electromagnético, que pueden ser emitidas desde la antena de la emisora. Estas ondas

electromagnéticas son recibidas por cualquier receptor, que las vuelve a trasladar al espectro de audición humana, las pasa por un amplificador enviando el resultado a un altavoz, que mueve el aire en contacto con su membrana produciendo sonido. En todo este proceso no se ha modificado en ningún momento la forma de la señal, aunque se haya manipulado para facilitar su transporte, tratando con una amplia gama de formas e intensidad de señales.



Señal acústica convertida en señal eléctrica

Por el contrario, en la electrónica digital se trata únicamente con dos valores, que vienen a reducirse a la existencia o no de carga eléctrica.

Para que esto pueda ser posible cualquier clase de señal ha de ser convertida en una secuencia de números; ha de ser digitalizada, de modo que lo que se transmitan y manipulen sean los valores numéricos.

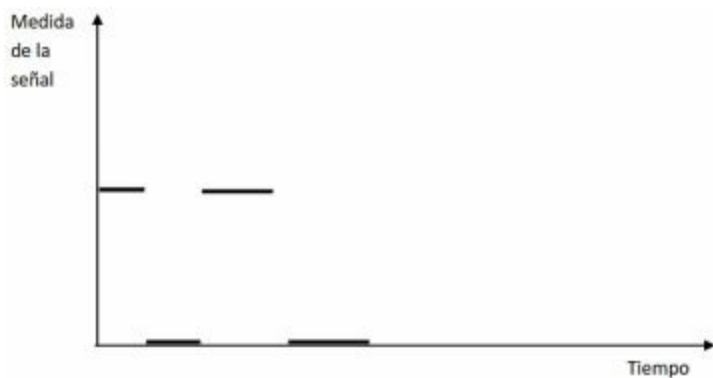


Figura característica de una señal discreta

En el caso de la música, supongamos que se quiere limpiar la fritura de un viejo disco de vinilo para publicarlo en CD. Digitalizada la música (esto es descrita la señal mediante un código binario), se considera como ruido todas las señales que superen una cierta intensidad y duración y, por lo tanto, estén descritos mediante una corta secuencia de valores muy elevados, por ejemplo, tres valores consecutivos

mayores que 200. Lo que se hace entonces es examinar la serie numérica en la que se ha convertido la música limpiando todas las secuencias de tres números de valores superiores a 200. Una vez hecho esto se guarda la secuencia numérica en un CD lista para ser reproducida.

## *Historia del transistor*

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador.

La fecha exacta fue 16 de diciembre de 1947, cuando William Shockley, John Bardeen y Walter Brattain armaron el primer transistor. Poco después, un computador compuesto por estos transistores pesaba unas 28 toneladas y consumía alrededor de 170 MW de energía. Más adelante Bell Labs convertía esos transistores de tubos en interruptores eléctricos, desatando una serie de pujas y rivalidades entre los involucrados en el tema. Pero lo cierto es, que, gracias a este trascendental invento, hoy en día puede usted leer esta información en una pantalla de computadora.

El desarrollo de la electrónica y de sus múltiples aplicaciones fue posible gracias a la invención del transistor, ya que este superó ampliamente las dificultades que presentaban sus antecesores, las válvulas. En efecto, las válvulas, inventadas a principios del siglo XX, habían sido aplicadas exitosamente en telefonía como amplificadores y posteriormente popularizadas en radios y televisores.

Sin embargo, presentaban inconvenientes que tornaban impracticables algunas de las aplicaciones que luego revolucionarían nuestra sociedad del conocimiento. Uno de sus mayores inconvenientes era que consumían mucha energía para funcionar. Esto era causado porque las válvulas calientan eléctricamente un filamento (cátodo) para que emita electrones que luego son colectados en un electrodo (ánodo), estableciéndose así una corriente eléctrica. Luego, por medio de un pequeño voltaje (frenador), aplicado entre una grilla y el cátodo, se logra el efecto amplificador, controlando el valor de la corriente, de mayor intensidad, entre cátodo y ánodo. Los transistores, desarrollados en 1947 por los físicos Shockley, Bardeen y Brattain, resolvieron todos estos inconvenientes y abrieron el camino, mismo que,

junto con otras invenciones –como la de los circuitos integrados– potenciarían el desarrollo de las computadoras. Y todo a bajos voltajes, sin necesidad de disipar energía (como era el caso del filamento), en dimensiones reducidas y sin partes móviles o incandescentes que pudieran romperse. El filamento no sólo consumía mucha energía, sino que también solía quemarse, o las vibraciones lograban romperlo, por lo que las válvulas terminaban resultando poco confiables. Además, como era necesario evitar la oxidación del filamento incandescente, la válvula estaba conformada por una carcasa de vidrio, que contenía un gas inerte o vacío, haciendo que el conjunto resultara muy voluminoso. Los transistores se basan en las propiedades de conducción eléctrica

de materiales semiconductores, como el silicio o el germanio.

Particularmente, el transporte eléctrico en estos dispositivos se da a través de junturas, conformadas por el contacto de materiales semiconductores, donde los portadores de carga son de distintos tipos:

### *Huecos (tipo P) o electrones (tipo N)*

Las propiedades de conducción eléctrica de las junturas se ven modificadas dependiendo del signo y de la magnitud del voltaje aplicado, donde, en definitiva, se reproduce el efecto amplificador que se obtenía con las válvulas: Operando sobre una juntura mediante un pequeño voltaje se logra modificar las propiedades de conducción de otra juntura próxima que maneja un voltaje más importante. Los diez años posteriores a la invención del primer transistor vieron

enormes adelantos en este campo:

- Se inventaron distintos tipos de transistores (de punto, de juntura, de campo), basados en distintas propiedades básicas;
- Se emplearon distintos materiales, inicialmente el germanio (1948) y posteriormente el silicio (1954), el cual domina la industria semiconductora de la actualidad;
- Se logró construir una gran cantidad de transistores, otros elementos y los circuitos para acoplarlos directamente sobre una oblea de silicio, a lo que se le dio el nombre de circuito integrado (1958).

En estos primeros circuitos integrados, los transistores tenían dimensiones típicas de alrededor de 1 cm. En 1971 el microprocesador de Intel 4004 tenía unos 2000 transistores, mientras que hoy en día, un "viejo" Pentium IV tiene unos 10 millones de transistores, con dimensiones típicas de alrededor de 0.00001 cm. Desde 1970, cada año y medio aproximadamente, las dimensiones de los transistores se fueron reduciendo a la mitad (Ley de Moore). Si se los hace aún más pequeños, usando la tecnología actual, dejarán de funcionar como esperamos, ya que empezarán a manifestarse las leyes de la mecánica cuántica. Para seguir progresando, se ha concebido una nueva generación de microprocesadores basados en las propiedades que la materia manifiesta en las escalas nanométricas.

Todos estos desarrollos respondieron en cada caso al intento de resolver un problema concreto atacado tanto del punto de vista teórico como experimental. Muchos de los físicos que participaron en esta aventura del transistor y en sus desarrollos posteriores dieron lugar al nacimiento de nuevas invenciones (y de empresas como Texas Instruments, Intel y AMD) que hoy día dominan la escena en la que se desarrollan las tecnologías de información y comunicaciones.

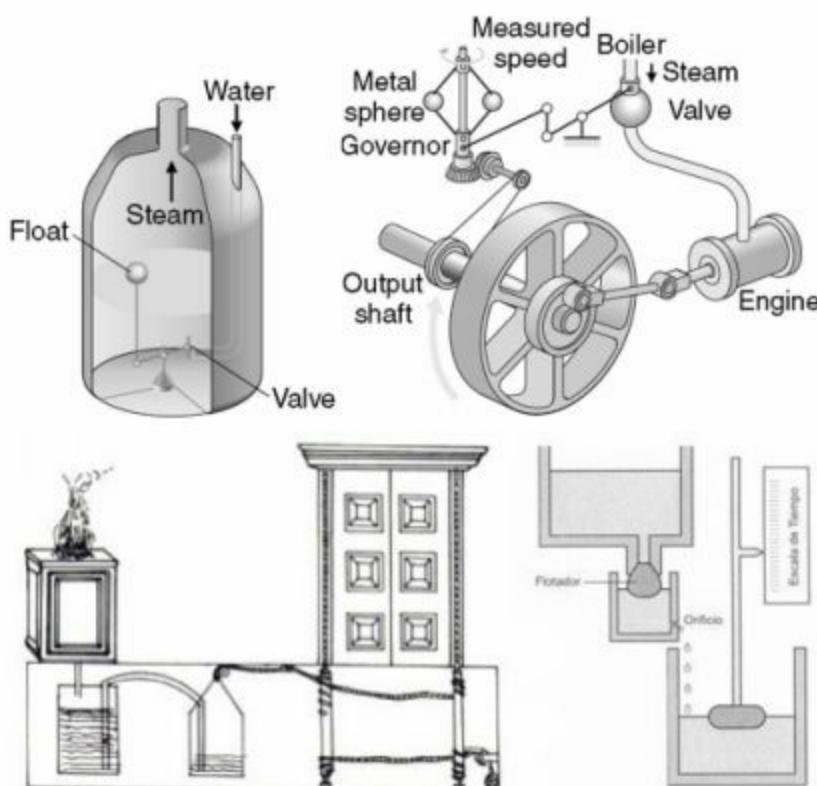
### *Control*

Es el uso de elementos sistemáticos (como control numérico (NC), controladores lógicos programables (PLC) y otros sistemas de control industrial) relacionados con otras aplicaciones de la tecnología de la información (como son tecnologías de ayuda por computador [CAD, CAM, CAx]), para el control industrial de maquinaria y procesos, reduciendo la necesidad de intervención humana.

## 1<sup>a</sup> Revolución industrial

Revolución industrial (mediado siglo XVIII- comienzos siglo XIX) relacionado con la mecanización de las industrias hierro-máquina de vapor, se caracterizó por la aparición de los primeros sistemas de control netamente mecánicos.

- × Apareció la división del trabajo.
- × Desarrollo de la sociedad (especialidades).
- × Aumento cantidad y calidad de los productos.



Control de nivel, máquina de vapor con control mecánico de velocidad, mecanismo de Herón, reloj de agua de Tsibios.

## *2<sup>a</sup> Revolución industrial*

Apareció el transistor semiconductor.

Computador digital.

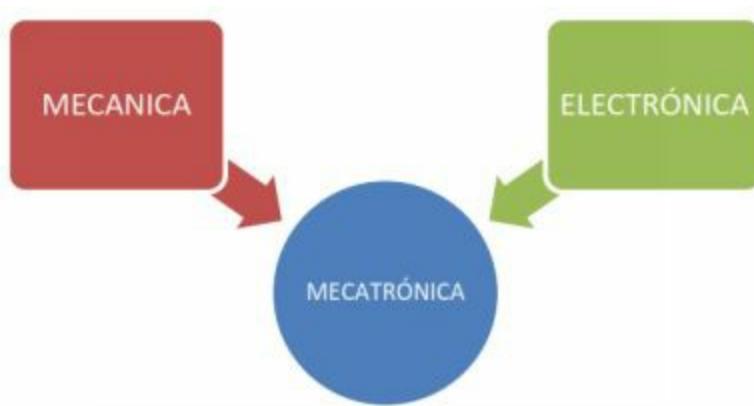
*3<sup>a</sup> Revolución*

Era de la información.

## *Definición mecatrónica y componentes de un sistema mecatrónico.*

La palabra “mecatrónica” surge en 1972 en Japón como una marca comercial registrada de la firma Yaskawa Electric, Co, aunque el Dr. Seiichi Yaskawa la comenzó a utilizar desde 1969 en diferentes eventos y conferencias internacionales.

La mecatrónica como disciplina nació en: Japón en la década de los 60, luego se dirigió a Europa, posteriormente a EEUU y luego entró a sur América por Brasil.



### *Surgimiento de la palabra mecatrónica*

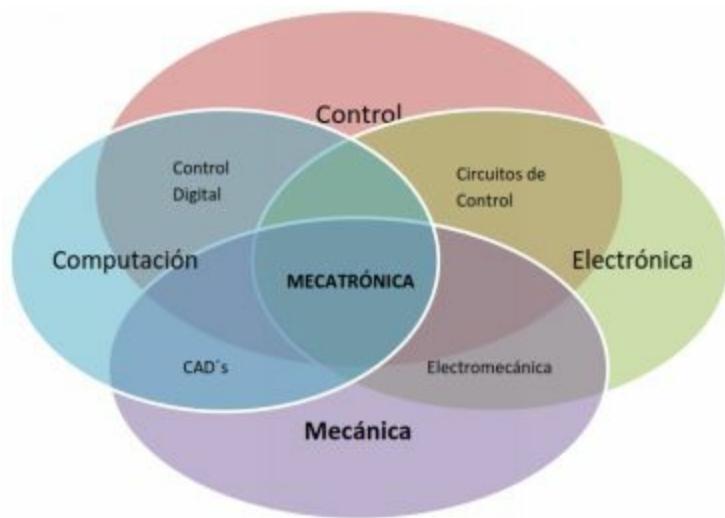
Inicialmente la definición de Mecatrónica se relacionó directamente con la mecánica y la electrónica, pero con la evolución de otras disciplinas y la integración de estas al concepto surgieron varios significados, entre los cuales los más comunes son:

-Integración cinegética de la ingeniería mecánica con la electrónica y con el control de computadores inteligentes para el diseño y la manufactura de productos y procesos (def. europea).

-Integración de componentes mecánicos y electrónicos coordinados por una arquitectura de control.

-Mecatrónica es una metodología usada para el diseño óptimo de productos electromecánicos (1997)

-Un sistema mecatrónico no es solo un matrimonio de sistemas eléctricos, mecánicos y de sistemas de control, es la integración de todos ellos.



Integración sinérgica de diferentes disciplinas

## *Áreas de desempeño de la mecatrónica*

El estudio de los sistemas mecatrónicos puede ser dividido en 5 grandes áreas.

- × Modelado de sistemas físicos
- × Sensores y actuadores
- × Sistemas y señales
- × Computadores y sistemas lógicos
- × Software y adquisición de datos

A finales de 1970, la Sociedad Japonesa para la Promoción de la Industria de Máquinas (JSPMI) clasificó los productos mecatrónicos en cuatro categorías:

-Clase I: En primer lugar, los productos mecánicos con dispositivos electrónicos incorporados para mejorar la funcionalidad. Los ejemplos incluyen las herramientas de control numérico de la máquina y variadores de velocidad en el sector manufacturero.

-Clase II: Los sistemas tradicionales de mecánico con los dispositivos internos de manera significativa actualización que incorpora electrónica. Las interfaces de usuario externo no se alteran. Los ejemplos incluyen la costura moderna máquinas y sistemas automatizados de fabricación.

-Clase III: Los sistemas que mantienen la funcionalidad del sistema mecánico tradicional, pero mecanismos internos son reemplazados por la electrónica. Un ejemplo es el reloj digital.

-Clase IV: Los productos diseñados con las tecnologías mecánicas y electrónicas a través de sinergias integración. Los ejemplos incluyen fotocopiadoras, lavadoras y secadoras inteligentes, ollas arroceras, y hornos automáticos.

*Diseño mecatrónico, componentes de un sistema mecatrónico y campos de aplicación*

Cuando se habla de diseño en mecatrónica se debe diferenciar entre los conceptos de diseño secuencial y diseño concurrente.

El diseño secuencial está relacionado directamente con una investigación multidisciplinaria, en la que intervienen varias disciplinas, pero no interactúan.

Como su nombre lo indica corresponde a someter a un producto a pasar por una serie de etapas en las que se definen sus características mecánicas, eléctricas y de control.



Mientras que el diseño concurrente, está directamente relacionado con una investigación interdisciplinaria, en la que intervienen simultáneamente e interactúan varias disciplinas que permiten la optimización del diseño.



### *Campos de aplicación de la mecatrónica*

Dentro del campo de aplicación de la Mecatrónica se tiene:

- × Departamentos de ingeniería de diseño.
- × Desarrollo, operación y mantenimiento de equipos automáticos.
- × Optimización de procesos.
- × Desarrollo de nuevos procesos.
- × Responsable de áreas de: producción, ingeniería, mantenimiento, capacitación.
- × Investigación científica y tecnológica.

## Sistemas Mecatrónicos

### *¿Qué es un sistema mecatrónico?*

un sistema mecatrónico es aquel que en todo momento está procesando información, registra, procesa, y actúa, puede aprender y mecanizar aparte de poseer un cierto grado de inteligencia, comandado a través de programas, es un sistema inteligente es un "ente" mecatrónico.

*Las partes de un sistema mecatrónico son:*

Estructura: Es el "cuerpo" de nuestro sistema, en el irán todos los demás elementos que lo integran.

-Sensores: Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas y transformarlas en variables eléctricas.

-Actuadores: Los actuadores son, como su nombre lo dice, los que realizan una acción, existen muchos tipos de actuadores, por ejemplo, los motores.

-Controladores: Los controladores son los que regulan todas las funciones asociadas de temporización, cadencia y conteo lógico.

-Interfaces: es el medio por el cual se conectan dos sistemas o dispositivos.

El espíritu de la mecatrónica rechaza dividir a la ingeniería en disciplinas separadas". Pero una definición aproximada seria la utilizada por la comunidad europea: "mecatrónica es la integración cinegética de la ingeniería mecánica con la electrónica y con el control de computadores inteligentes para el diseño y la manufactura de productos y procesos".

Una definición más amplia de mecatrónica en el diseño de productos y máquinas ha sido adaptada así para estas notas: "mecatrónica es el diseño y manufactura de productos y sistemas que posee una funcionalidad mecánica y un control algorítmico integrado".

### *¿Por qué mecatrónica?*

Desde la concepción de ingeniería de la manera romántica se observó a un Da Vinci como un hombre que utilizaba su ingenio y sus conocimientos para crear los más diversos inventos y aparatos a un Arquímedes que proponía ya sistemas de propulsión y control a maxwell que proponía la integración de las ciencias; todos estos hombres tenían algo en común contaban con un equipo interdisciplinario y se comprendían con el {sabían el lenguaje de todos.} A esto se refiere la mecatrónica que queremos hacer en la universidad y es el término que define mejor el perfil del ingeniero que este tiempo necesita.

### *Diseño mecatrónico*

En el proceso de diseño para un producto o sistema con un controlador electrónico de forma convencional. Los componentes mecánicos son diseñados aisladamente del controlador electrónico, el cual es entonces diseñado y ‘sintonizado’ para encajar con la mecánica. No hay razón para que esto deba llevar a una mecánica de solución general de diseño óptima (de hecho, usualmente no lo hace). La partición entre las funciones, mecánica y electrónica.

Se requieren individuos con amplias habilidades en ingeniería, y equipos bien integrados, cuyos miembros traigan una apreciación general de la amplitud del campo tecnológico, tanto como de su propio campo de especialización. Al cabo, éstas no son las clases de ingenieros que nuestra tradicional educación en ingeniería (disciplinas separadas) ha estado produciendo.

Se podría decir, por tanto, que los practicantes modernos de la mecatrónica son los herederos del espíritu de los grandes hombres cuyas cualidades ya se mencionaron, se espera que el término ‘mecatrónica’ ayude a resaltar la existencia de éste tipo de ingeniería, y a traer más ingenieros a intentar esta experiencia por ellos mismos.

### *¿Qué puede hacer la mecatrónica?*

La habilidad para incorporar el control microprocesador en sus diseños, será útil mirar los objetivos para hacer esto en la creación de los productos y sistemas que puedan considerarse mecatrónicos.

#### Objetivos de diseño para sistemas mecatrónicos

- × Mejoramiento
- × Simplificación:
- × Innovación
- × Discusión

Las primeras dos categorías señaladas: mejoramiento y simplificación, no son mutuamente exclusivas.

Se llama mecatrónica a la integración de mecánica, electrónica y software para crear ahorros de energía y de recursos y sistemas de alta inteligencia.

La mayoría de los productos desarrollados bajo parámetros mechatrónicos cumplen ciertas características.

#### *Características comunes de estos productos mechatrónicos*

- × Mecanismo de precisión.
- × Control de software mediante medios electrónicos, principalmente mediante microcomputadores.
- × Necesarios para tecnología de producción precisa y avanzada.

## *Concepto de mecatrónica*

La mecatrónica de por sí no apunta a ser precisamente una tecnología y/o ingeniería, es la síntesis de tecnologías, usando no solamente tecnología mecánica convencional, sino también tecnología de ingeniería existente tal como electrónica, ingeniería de sistemas, etc. Libremente para los propósitos necesarios. O sea, se requieren dos conceptos básicos para mezclar las tecnologías en este rango amplio y organizarlas, el concepto de sistema y el de interface. Las características del sistema mecatrónico son: mecanismo preciso de operación como elemento componente de la función principal, y del propósito más importante, y la función de información de control avanzada. Donde los elementos componentes ejecutan cada una de las funciones independientemente. La comparación entre los elementos componentes del sistema mecatrónico y los del ser humano. El computador responde al cerebro, los sensores a los cinco sentidos, los ejecutores a los músculos, el mecanismo al esqueleto, y la fuente de energía al metabolismo. Ya que el robot es el típico sistema mecatrónico que logra hacer actividades humanas con la ingeniería, la meta del sistema mecatrónico es el desarrollado bien balanceado y la conexión orgánica.

Mecatrónica es la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, de la electrónica, del control automático y de los sistemas para el diseño de productos y procesos". Existen, claro está, otras versiones de esta definición, pero ésta claramente enfatiza que la mecatrónica está dirigida a las aplicaciones y al diseño. Harashima, F., Tomizuka, M., and Fukuda, T., "Es la integración sinérgica de ingeniería mecánica con electrónica y control inteligente por computador en el diseño y manufactura de productos y procesos industriales" Revista Mechatronics, publicada desde 1991 por Pergamos Press. "Es la combinación sinérgica de ingeniería mecánica de precisión, control electrónico y pensamiento sistémico en el diseño de

productos y en los procesos de manufactura. Esta se relaciona con el diseño de sistemas, dispositivos y productos buscando y logrando un óptimo balance entre la estructura mecánica básica y su control total". Chico State University. "Campo de estudio que combina los fundamentos de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y de Computación" Clemson University. "Es la mezcla del software y/o hardware para el diseño y/o análisis haciendo uso de técnicas avanzadas de control" Journal of Mechatronics. "Es la combinación sinérgica de la ingeniería de precisión mecánica, control electrónico y sistemas inteligentes para el diseño de productos y de procesos de manufactura" Loughborough University (United Kingdom).

"Mecatrónica es una filosofía de diseño que usa la integración sinérgica de las tecnologías mecánica, electrónica y de computación para producir productos, procesos o sistemas mejorados".

Sistema mecatrónico: es aquel sistema digital que recoge señales, las procesa y emite una respuesta por medio de actuadores, generando movimientos o acciones sobre el sistema en el que se va a actuar.

Los sistemas mecánicos están integrados con sensores, microprocesadores y controladores. Los robots, las máquinas controladas digitalmente, los vehículos guiados automáticamente, etc. se deben considerar como sistemas mecatrónicos.

La Mecatrónica: surge de la combinación sinérgica de distintas ramas de la ingeniería, entre las que destacan: la mecánica de precisión, la electrónica, la informática y los sistemas de control.

Su principal propósito es el análisis y diseño de productos y de procesos de manufactura automatizados.



### *Clasificación de los sistemas mecatrónicos*

-Clase 1.- Productos principalmente mecánicos con electrónica incorporada para aumentar la funcionalidad. Ejemplos máquinas-herramientas numéricamente controladas y la velocidad variable manejada en la maquinaria industrial.

-Clase 2.- los sistemas mecánicos tradicionales con dispositivos internos tecnológicamente actualizados que incorporan sistemas electrónicos. Ejemplos: Máquina de coser moderna y sistemas automatizados de fábricas.

-Clase 3.- los sistemas que mantienen la funcionalidad o el sistema mecánico tradicional, pero los mecanismos internos son reemplazados por la electrónica. Ejemplo es el reloj digital.

-Clase 4.- Los productos diseñados con tecnologías mecánicas y electrónicas por la integración sinérgica. Ejemplos son las fotocopiadoras, arandelas y secadores inteligentes, las cocinas de arroz, y hornos automáticos.

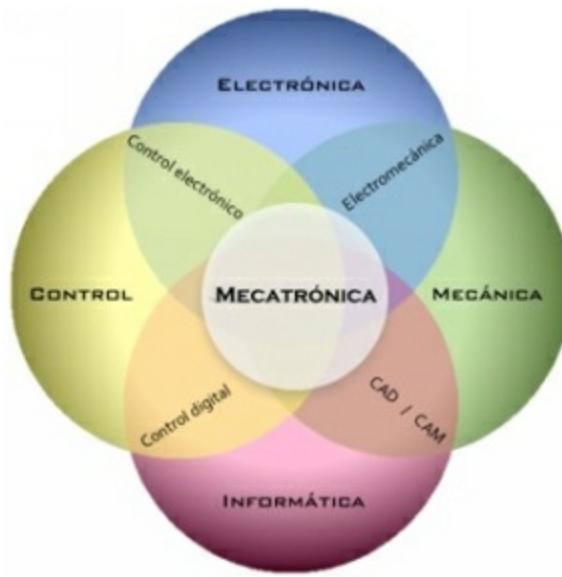
### *Dispositivos y elementos para mecatrónica*

La mecatrónica surge de la combinación sinérgica de distintas ramas de la ingeniería, entre las que destacan: la mecánica de precisión, la electrónica, la informática y los sistemas de control.

Su principal propósito es el análisis y diseño de productos y de procesos de manufactura.

## *Ejemplos de sistemas mecatrónicos*

- × Sistema electrónico
- × Sistema mecánico
- × Sistema informático
- × Sistema robótico
- × Sistema Hidráulico / Neumático
- × Diseño mecatrónico
- × Sistema Biomecatrónico
- × Sistema Cibernético



Actualmente los sistemas que combinan sinéricamente las ingenierías mecánica, electrónica, informática y de control se denominan sistemas mecatrónicos. Los componentes fundamentales de estos sistemas son: Estructura física (chasis o ensamble), mecanismos, sensores, interfaces electrónicas, microprocesadores y software de control o de operación. Las

aplicaciones de estos sistemas se pueden encontrar en la industria (máquinas y herramientas controladas numéricamente, entre otros ejemplos), el hogar (Domótica y electrodomésticos inteligentes), juegos (robots educativos), Medicina (robots teleoperados), etc. Otras aplicaciones dependerán de nuestras capacidades para integrar diversos elementos con los cuales construir sistemas mecatrónicos de aplicación diversas en áreas tales como: la agricultura, ganadería, educación, ambiental, etc.

## *Definiciones*

La palabra Mechatronics fue acuñada en 1969 por un ingeniero Senior de la compañía japonesa Yaskawa como la combinación de “mecha”, de mecanismos (mechanisms) y “tronics” de electrónica (electronics). La compañía recibió los derechos de marca sobre la palabra en 1971. La palabra pronto tuvo amplia aceptación en todo el mundo y, para permitir su libre uso, Yaskawa eligió abandonar sus derechos sobre la palabra en 1982 lo que permitió una aún más amplia difusión. En ambientes técnicos y científicos la palabra y el concepto son utilizados para describir una filosofía de ingeniería más que una tecnología propiamente dicha. La mecatrónica es entonces una disciplina relativamente nueva dentro del campo de la tecnología y resulta particularmente esquiva a la adopción de una definición precisa por el carácter netamente interdisciplinario que la caracteriza desde su origen. Con fronteras cada vez menos nítidas entre ciencias, arte y tecnología resulta imprescindible el dominio en este campo de un concepto integrador como el propuesto por la Mecatrónica.

## *Definiciones de mecatrónica*

Hay casi tantas definiciones como interesados en la disciplina. Citamos a continuación algunas de ellas:

"Es un enfoque interdisciplinario, basado en sistemas de comunicación abiertos y prácticas concurrentes, para el diseño de mejores productos de ingeniería".

"Campo de estudio que combina los fundamentos de la ingeniería mecánica, electrónica y de computación".

"La combinación de hardware y software para el diseño y análisis de técnicas avanzadas de control".

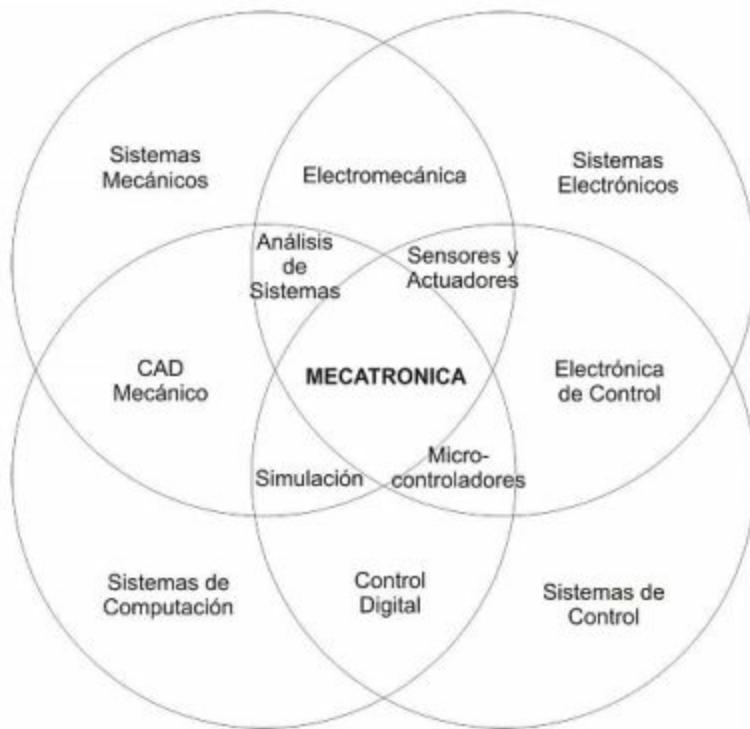
"Ciencia que integra los dispositivos mecánicos con sus controles electrónicos".

La definición propuesta por J. A. Rietdijk en 1989: "Mecatrónica es la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, de la electrónica, del control automático y de los sistemas para el diseño de productos y procesos".

Esta definición nos parece especialmente adecuada por el énfasis que pone en la sinergia, los sistemas y el diseño. También es importante no perder de vista la frase sobre el control automático.

## *Alcances*

El Instituto Politécnico Rensselaer y la Universidad Johannes Kepler de Linz, así como otros, han adoptado un diagrama de Venn para especificar las disciplinas que componen la mecatrónica:



En este diagrama podemos ver 12 disciplinas interviniendo conjuntamente en la Mecatrónica, algunas de las cuales surgen de la intersección de otras.

Los cuatro conjuntos principales son los Sistemas Mecánicos, los Electrónicos, los Sistemas de Control y los de Computación.

Usualmente los campos más cercanos a los de la creación artística suelen ser los sistemas de computación, los de CAD y particularmente las simulaciones, elementos todos que podemos considerar dentro de un mundo virtual ubicado en el sector inferior derecho del diagrama.

Cuando se pretende intervenir en el “mundo real” se hace imprescindible cruzar hacia el otro lado del diagrama y recurrir a sistemas electrónicos, mecánicos y electromecánicos los que:

- Obtendrán información de ese mundo real mediante diferentes sensores u otras interfaces.
- La procesarán digitalmente mediante un sistema de computación.
- Actuarán en consecuencia para modificar nuevamente el mundo real mediante alguna clase de actuador.

Un ejemplo de estos sistemas podría ser el TeleGarden de Ken Goldberg. En esta instalación de arte de 1995 el público (mundo real) podía interactuar con el sistema mediante una página de Internet (la interfaz) sobre un brazo robótico de tipo industrial (el actuador). Este brazo operaba sobre un jardín con plantas vivientes y podía regarlas, plantar nuevas semillas, etc. mientras todo el proceso podía ser seguido On Line por el público. Prescindiendo de cualquier sentido metafórico de la obra y reduciéndola a su mero esquema tecnológico podríamos abusar del ejemplo pensando que si le agregáramos algunos sensores podríamos automatizar el proceso para -por ejemplo- prescindir de la acción humana.

Continuando con el pensamiento, podríamos agregar algunos sensores de humedad para determinar la necesidad de riego, medidores de pH de la tierra para establecer la necesidad de complementos minerales, abonos etc.

Usualmente las aplicaciones industriales tienden a este último tipo de configuración en donde el esquema se reduce a medir algunas variables, actuar sobre el sistema con elementos que corrigen esas variables cuando se alcanzan ciertos valores límites, continuar luego censando permanentemente hasta que se reinicia el ciclo.

Esto es lo que se conoce como Sistemas de Control Automático (parte inferior derecha de nuestro diagrama) y estará presente de una u otra forma

en cualquier dispositivo mecatrónico.

## *Sistemas de control automático*

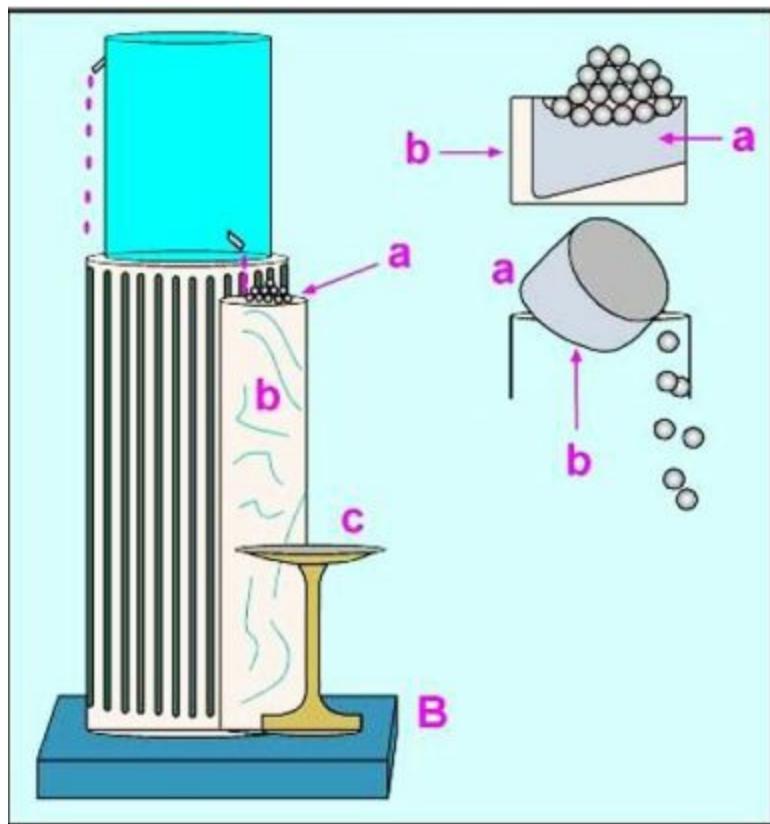
### *Antecedentes*

Podemos definir como un Sistema automático a aquél que pueda actuar por sí mismo, sin intervención humana, desencadenando algún efecto programado en el preciso momento en que se produzcan determinadas condiciones previstas por el programador. Nótese que no hablamos para nada de programación en el sentido estricto que habitualmente damos a la palabra - circunscribiéndola a la programación de computadoras- sino que la utilizamos en su sentido más amplio.

Un buen ejemplo de un sistema automático que ya aparece en la prehistoria de la humanidad son las trampas automáticas para cazar animales, como por ejemplo un pozo profundo con su boca cubierta con ramas livianas y malezas. Frente a determinadas condiciones previstas por el programador (la ubicación de una presa adecuada sobre la boca de la trampa) el sistema reacciona (se rompen las ramas de la superficie) y se produce el efecto deseado (el animal es atrapado en el pozo profundo que impide su fuga). Nótese que el programador podía actuar a-priori sobre algunas variables para condicionar la reacción del sistema. Podía por ejemplo usar ramas más fuertes si quería presas de mayor tamaño e insensibilidad del sistema frente a piezas menores, podía agregar determinado tipo de cebo, etc. Avanzando en la historia podemos encontrar diversos ingenios algunos de los cuales por no evidenciar utilidad práctica alguna o por el cuidado estilo puesto en su manufactura pueden ser considerados obras de arte además de mecanismos automáticos.

Tal es el caso de las Clepsidras y otros relojes de agua como el Karnak aparecidos en Egipto hacia el 1400 AC.

Algunos ejemplos posteriores interesantes siguieron utilizando el agua como forma de mediatizar de modo calculable el efecto deseado. Un claro ejemplo de esto es el reloj despertador de Platón, hacia el siglo IV AC.



Reloj despertador de Platón- Siglo IV AC

Ya hacia el siglo III AC empezamos a ver algunos autómatas hidráulicos y neumáticos con lo que se llamó la escuela de mecánicos de Alejandría. Podemos mencionar a Ktesibios, Filón (reloj de agua y regulador flotante) y Herón (dispensador de vino) entre otros. Muchas otras culturas se interesaron en la producción de autómatas.

Las culturas orientales -especialmente la japonesa- perfeccionaron a límites extraordinarios los autómatas mecánicos (Karakuri からくりからくりからくりからくり), y muy particularmente los de tipo humanoide. He aquí algunos ejemplos de distintos orígenes:

- Datado hace unos 200 años, este autómata japonés toma sucesivas flechas y las dispara una a una con su arco: <https://www.youtube.com/watch?v=i5zYK9FxORI>

- Un ejemplo chino: El mago, <https://www.youtube.com/watch?v=EiLWBzxyzuk>
- The writer. Un autómata suizo del siglo 18 que escribe con pluma y es un antecesor directo de la computadora y, en cierta forma, de la impresora.  
[https://www.youtube.com/watch?v=bY\\_wfKVjuJM](https://www.youtube.com/watch?v=bY_wfKVjuJM)

Más de los creadores del autómata anterior, Pierre y Henri-Louis Jaquet-Droz (padre e hijo) relojeros suizos de mediados del 1700:

<https://www.youtube.com/watch?v=WofWNcMHcl0>

- Uno de los pocos videos que hay del desaparecido Museo del Autómata en York, Inglaterra: <https://www.youtube.com/watch?v=SzOgsaXO7BE>

Si bien los ejemplos antes mencionados son impresionantes maravillas mecánicas, no constituyen

verdaderos robots. La razón es que, aunque sus movimientos son en cierta forma "programados" mediante el uso de levas o mecanismos similares, estos se ejecutan como una simple secuencia fija, sin "conocimiento" por parte del mecanismo de si esa secuencia se viene desarrollando normalmente o no. Su ejecución completa y correcta depende de que ningún agente externo obstruya, dificulte o impida una parte del movimiento. Si apareciera una perturbación inesperada (y recordemos esa palabra) el resultado sería imprevisible y todo el proceso fracasaría.

El paso siguiente de la tecnología sería entonces agregar alguna clase de registro de lo que está sucediendo con el proceso (feedback), a fin de modificar el mismo en función de ello. Es lo que hoy

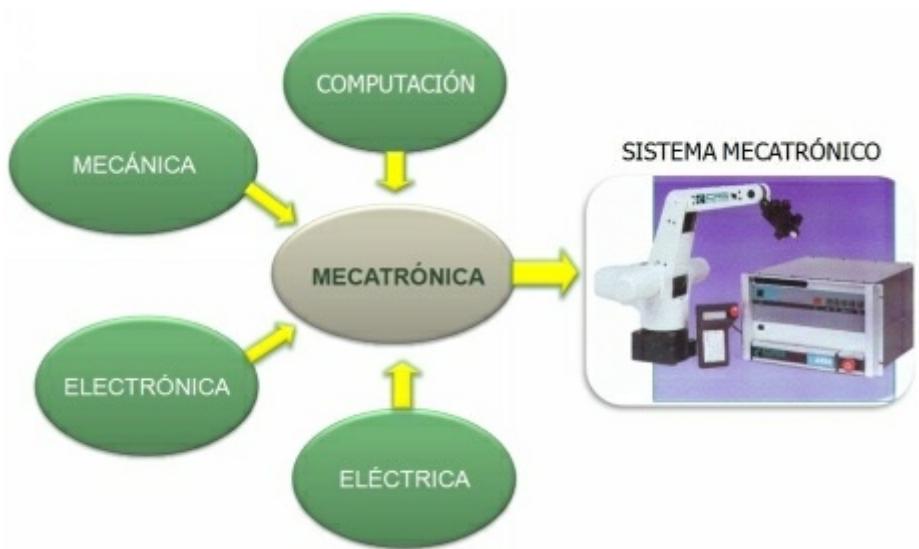
llamamos Control.

### *El control por realimentación*

Es así que en este mismo siglo aparecerán dispositivos con algún tipo de realimentación (feedback), es decir sistemas en los que la salida es tomada de alguna forma por la entrada para regular la misma y mantenerla estable y dentro de cierto rango deseable. Este es el principio fundamental del control automático y volveremos en profundidad sobre el mismo muchas veces en el futuro. Para encontrar un verdadero sistema de realimentación efectivo y de amplísima difusión tenemos que llegar hasta 1788, año en el que Watt inventa el famoso regulador centrífugo de velocidad que proporcionó el primer modo efectivo de controlar la cantidad de energía que era entregada por una máquina de vapor manteniendo constante el número de revoluciones por minuto (rpm) del eje que comandaba.

Este, hoy aparentemente sencillo, dispositivo es adoptado universalmente como el símbolo del control automático.

Hacia 1868 se estima que había en servicio, sólo en el reino Unido, unos 75.000 de estos “governors”, como se les dio en llamar y a ningún historiador le caben dudas de la vital importancia que tuvo este dispositivo en el vertiginoso desarrollo del mundo occidental producido a partir de su aparición considerándosele el desencadenante nada menos que de la Revolución Industrial.



## **Diferencias de la Mecatrónica y la robótica**

## *Robótica*

La robótica es la rama de la Ingeniería mecatrónica, de la Ingeniería eléctrica, de la Ingeniería electrónica, de la Ingeniería mecánica, de la Ingeniería biomédica y de las ciencias de la computación que se ocupa del diseño, construcción, operación, disposición estructural, manufactura y aplicación de los robots.

La robótica combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería de control y la física. Otras áreas importantes en robótica son el álgebra, los autómatas programables, la animatrónica y las máquinas de estados. El término robot se popularizó con el éxito de la obra R.U.R. (Robots Universales Rossum), escrita por Karel Čapek en 1920. En la traducción al inglés de dicha obra la palabra checa robota, que significa trabajos forzados o trabajador, fue traducida al inglés como robot.

## *Historia de la robótica*

La robótica va unida a la construcción de "artefactos" que trataban de materializar el deseo humano de crear seres a su semejanza y que al mismo tiempo lo descargasen de trabajos tediosos. El ingeniero español Leonardo Torres Quevedo (que construyó el primer mando a distancia para su automóvil mediante telegrafía, el ajedrecista automático, el primer transbordador aéreo y otros muchos ingenios), acuñó el término "automática" en relación con la teoría de la automatización de tareas tradicionalmente asociadas.

Karel Čapek, un escritor checo, acuñó en 1923 el término "Robot" en su obra dramática Rossum's Universal Robots / R.U.R., a partir de la palabra checa robota, que significa servidumbre o trabajo forzado. El término robótica es acuñado por Isaac Asimov, definiendo a la ciencia que estudia a los robots. Asimov creó también las Tres Leyes de la Robótica. En la ciencia ficción el hombre ha imaginado a los robots visitando nuevos mundos, haciéndose con el poder o, simplemente aliviando de las labores caseras.

### *Según su cronología*

La que a continuación se presenta es la clasificación más común:

### *1.<sup>a</sup> Generación*

Robots manipuladores. Son sistemas mecánicos multifuncionales con un sencillo sistema de control, bien manual, de secuencia fija o de secuencia variable.

## *2.<sup>a</sup> Generación*

Robots de aprendizaje. Repiten una secuencia de movimientos que ha sido ejecutada previamente por un operador humano. El modo de hacerlo es a través de un dispositivo mecánico. El operador realiza los movimientos requeridos mientras el robot le sigue y los memoriza.

### *3.<sup>a</sup> Generación*

Robots con control sensorizado. El controlador es una computadora que ejecuta las órdenes de un programa y las envía al manipulador para que realice los movimientos necesarios.

#### *4.<sup>a</sup> Generación*

Robots inteligentes. Son similares a los anteriores, pero además poseen sensores que envían información a la computadora de control sobre el estado del proceso. Esto permite una toma inteligente de decisiones y el control del proceso en tiempo real.

### *Según su estructura*

La estructura es definida por el tipo de configuración general del Robot, puede ser metamórfica. El concepto de metamorfismo, de reciente aparición, se ha introducido para incrementar la flexibilidad funcional de un Robot a través del cambio de su configuración por el propio Robot. El metamorfismo admite diversos niveles, desde los más elementales (cambio de herramienta o de efecto terminal), hasta los más complejos como el cambio o alteración de algunos de sus elementos o subsistemas estructurales. Los dispositivos y mecanismos que pueden agruparse bajo la denominación genérica del Robot, tal como se ha indicado, son muy diversos y es por tanto difícil establecer una clasificación coherente de los mismos que resista un análisis crítico y riguroso. La subdivisión de los Robots, con base en su arquitectura, se hace en los siguientes grupos: poliarticulados, móviles, androides, zoomórficos e híbridos.

## *1. Poliarticulados*

En este grupo se encuentran los Robots de muy diversa forma y configuración, cuya característica común es la de ser básicamente sedentarios (aunque excepcionalmente pueden ser guiados para efectuar desplazamientos limitados) y estar estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas, y con un número limitado de grados de libertad. En este grupo, se encuentran los manipuladores, los Robots industriales, los Robots cartesianos y se emplean cuando es preciso abarcar una zona de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar sobre objetos con un plano de simetría vertical o reducir el espacio ocupado en el suelo.

## *2. Móviles*

Son Robots con gran capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores. Estos Robots aseguran el transporte de piezas de un punto a otro de una cadena de fabricación. Guiados mediante pistas materializadas a través de la radiación electromagnética de circuitos empotrados en el suelo, o a través de bandas detectadas fotoeléctricamente, pueden incluso llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia.

### *3. Androides*

Son los tipos de Robots que intentan reproducir total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemático del ser humano. Actualmente, los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica, y destinados, fundamentalmente, al estudio y experimentación. Uno de los aspectos más complejos de estos Robots, y sobre el que se centra la mayoría de los trabajos, es el de la locomoción bípeda. En este caso, el principal problema es controlar dinámicamente y coordinadamente en el tiempo real el proceso y mantener simultáneamente el equilibrio del Robot.

Vulgarmente se los suele llamar "Marionetas" cuando se les ven los cables que permiten ver como realiza sus procesos.

#### *4. Zoomórficos*

Los Robots zoomórficos, que considerados en sentido no restrictivo podrían incluir también a los androides, constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos. A pesar de la disparidad morfológica de sus posibles sistemas de locomoción es conveniente agrupar a los Robots zoomórficos en dos categorías principales: caminadores y no caminadores. El grupo de los Robots zoomórficos no caminadores está muy poco evolucionado. Los experimentos efectuados en Japón basados en segmentos cilíndricos biselados acoplados axialmente entre sí y dotados de un movimiento relativo de rotación. Los Robots zoomórficos caminadores multípedos son muy numerosos y están siendo objeto de experimentos en diversos laboratorios con vistas al desarrollo posterior de verdaderos vehículos terrenos, pilotados o autónomos, capaces de evolucionar en superficies muy accidentadas.

Las aplicaciones de estos Robots serán interesantes en el campo de la exploración espacial y en el estudio de los volcanes.

## *5. Híbridos*

Estos Robots corresponden a aquellos de difícil clasificación, cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas, bien sea por conjunción o por yuxtaposición. Por ejemplo, un dispositivo segmentado articulado y con ruedas, es al mismo tiempo, uno de los atributos de los Robots móviles y de los Robots zoomórficos.

## *Relación de la mecatrónica y la robótica*

### *La mecatrónica*

La mecatrónica es una disciplina que une la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, ingeniería de control e ingeniería informática, y sirve para diseñar y desarrollar productos que involucren sistemas de control para el diseño de productos o procesos inteligentes, lo cual busca crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano a través de procesos electrónicos en la industria mecánica, principalmente.

Debido a que combina varias ingenierías en una sola, su punto fuerte es la versatilidad.

### *La historia de la mecatrónica y su función*

La mecatrónica nace para suplir tres necesidades latentes; la primera, encaminada a automatizar la maquinaria y lograr así procesos productivos ágiles y confiables; la segunda crear productos inteligentes, que respondan a las necesidades del mundo moderno; y la tercera, por cierto muy importante, armonizar entre los componentes mecánicos y electrónicos de las máquinas, ya que en muchas ocasiones, era casi imposible lograr que tanto mecánica como electrónica manejaran los mismos términos y procesos para hacer o reparar equipos.

Un ingeniero en mecatrónica es un profesional con amplio conocimiento teórico, práctico y multidisciplinario capaz de integrar y desarrollar sistemas automatizados y/o autónomos que involucren tecnologías de varios campos de la ingeniería.

Este especialista entiende sobre el funcionamiento de los componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y computacionales de los procesos industriales, y tiene como referencia el desarrollo sostenible.

## *La robótica*

La robótica es la rama de la tecnología que se dedica al diseño, construcción, operación, disposición estructural, manufactura y aplicación de los robots.

La robótica combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería de control y la física. Otras áreas importantes en robótica son el álgebra, los autómatas programables, la animatrónica y las máquinas de estados. El término robot se popularizó con el éxito de la obra R.U.R. (Robots Universales Rossum), escrita por Karel Čapek en 1920. En la traducción al inglés de dicha obra, la palabra checa robota, que significa trabajos forzados, fue traducida al inglés como robot

### *Historia de la robótica*

La historia de la robótica va unida a la construcción de "artefactos", que trataban de materializar el deseo humano de crear seres a su semejanza y que lo descargasen del trabajo. El ingeniero español Leonardo Torres Quevedo (GAP) (que construyó el primer mando a distancia para su automóvil mediante telegrafía sin hilo, el ajedrecista automático, el primer transbordador aéreo y otros muchos ingenios) acuñó el término "automática" en relación con la teoría de la automatización de tareas tradicionalmente asociadas.

Karel Čapek, un escritor checo, acuñó en 1921 el término "Robot" en su obra dramática Rossum's Universal Robots / R.U.R., a partir de la palabra checa robota, que significa servidumbre o trabajo forzado. El término robótica es acuñado por Isaac Asimov, definiendo a la ciencia que estudia a los robots. Asimov creó también las Tres Leyes de la Robótica. En la ciencia ficción el hombre ha imaginado a los robots visitando nuevos mundos, haciéndose con el poder, o simplemente aliviando de las labores caseras además de tener fantasías o fetiches sexuales con ellos, ya que estos destacan por contar con una representación del miembro masculino a gran escala.

## *Relación de robótica y mecatrónica*

Similitud o relación que tiene la mecatrónica y la robótica:

La robótica quiere crear robots que respondan a estímulos externos muy humanos y multivariados a que el robot sepa responder sin importar como se le estimule, es decir, inteligencia artificial, siendo que la robótica no se encarga tanto de procesos industriales sino más bien procesos de rescate y de tareas más comunes. La mecatrónica es la disciplina que une la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, ingeniería de control e ingeniería informática; para diseñar y desarrollar productos que involucren sistemas de control para el diseño de productos o procesos inteligentes. La cual busca crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano a través de procesos electrónicos en la industria mecánica principalmente. Debido a que combina varias ingenierías en una sola, su punto fuerte es la versatilidad. Dentro de la ingeniería informática uno de los campos de acción es la Robótica. La robótica es, por lo tanto, la ciencia o rama de la ciencia que se ocupa del estudio, desarrollo y aplicaciones de los robots. Los robots son dispositivos compuestos de sensores que reciben datos de entrada y que pueden estar conectados a la computadora. Esta, al recibir la información de entrada, ordena al robot que efectúe una determinada acción. Puede ser que los propios robots dispongan de microprocesadores que reciben el input de los sensores y que estos microprocesadores ordenen al robot la ejecución de las acciones para las cuales está concebido. En este último caso, el propio robot es a su vez una computadora. Por lo tanto, podemos decir que la mecatrónica está muy enfocada a la automatización de procesos industriales y que claro, para eso se necesitan robots, pero robots ya programados que respondan a sensores bajo cierto rango de cambios en las variables. Como ya dijimos, la mecatrónica es más que la mera suma de la mecánica y la electrónica gracias a un efecto sinérgico que potencia las dos disciplinas al

ser pensadas conjuntamente. Una de las manifestaciones más atractivas de los dispositivos mecatrónicos y donde más se evidencian habitualmente los componentes mecatrónicos que las animan son los robots. Ahora bien, ¿qué son exactamente los robots? ¿Cualquier dispositivo automático es un robot? La palabra se la debemos al autor checo Carel Kapec que la utilizó en 1920 en su obra teatral RUR (Rossum Universal Robots - y deriva de la palabra checa "robota" que significa algo así como "trabajador esclavo". Para dejar en claro cuál era el concepto de Kapec al respecto, basta con citar los carteles que ya en la primera escena de la obra el autor nos deja leer en el despacho del protagonista, como supuestos carteles de promoción de la actividad de la fábrica que éste dirige:

"Cheap labor. Rossum's robots"

"Robots for the tropics, 150 dollars each."

"Everyone should buy his own robot."

"Do you want to cheapen your output? Order rossum's robots":

Más allá de las cuestiones etimológicas y literarias, intentemos definir juntos qué es un robot con la ayuda de la Lógica que nos ha enseñado a construir definiciones por género próximo (la especie a la que pertenecen) y diferencia específica (lo que las distingue de las otras cosas de la misma especie).

Con el género próximo de los robots no hay mayores problemas: Un robot es un dispositivo mecatrónico (al menos por ahora, hasta que los biomecanismos evolucionen un poco más). Analicemos ahora si podríamos añadir la palabra programable en el género próximo. ¿Es ésta una característica compartida con otros dispositivos mecatrónicos que no son Robots o más bien una que la diferencia de ellos? Eso sí, ya sea que "programable" forme parte del "género próximo" o de la "diferencia específica", seguramente nadie dudará que esta palabra deba ser incluida en la definición.



## *Un lavarropas programable no es obviamente un robot ¿Por qué?*

Una de las razones principales es que no es re-programable para otra función.

Los robots industriales

de las líneas de montaje de automóviles, por ejemplo, se consideran robots y no simples líneas automatizadas cuando pueden reprogramarse para soldar hoy un modelo, mañana otro, etc., sin grandes cambios de accesorios o disposición física. Por lo tanto, parecería muy atinado reemplazar la palabra "programable" por re-programable. Y ahora si no cabe duda que esta palabra es parte de la diferencia específica. Luego podríamos introducir el concepto del propósito: "destinado a cumplir de forma automática, precisa y confiable (sino para que lo quiero) diferentes tareas". Y como una concesión a Carel Kapek podríamos agregar: "demasiado pesadas, incómodas, riesgosas o aburridas para ser realizadas por seres humanos". Seguramente caben más adjetivos para las tareas, pero prefiero dejarlos ahí.

*Nuestra definición por género próximo y diferencia específica quedaría entonces:*

"Un robot es un dispositivo mecatrónico re-programable destinado a cumplir de forma automática, precisa y confiable diferentes tareas demasiado pesadas, incómodas, riesgosas o aburridas para ser realizadas por seres humanos".

En el término "confiable" esta definición contempla la existencia de alguna forma de censado del mundo físico y la realimentación de esa información al sistema. Un mero autómata no es confiable ya que no tiene registro de las perturbaciones que afectan su desempeño. Probablemente valga la pena también intentar avanzar un poco más sobre el punto "automático" y posiblemente descomponerlo especificando mejor el grado de autonomía e independencia que debe tener un robot para ser considerado tal, así como si necesariamente debe ser capaz o no de desplazarse a su "voluntad" en el espacio físico pero por ahora nos conformaremos con esta definición, que al

menos deja claro que la definición de robot es mucho más restrictiva que la de los dispositivos mecatrónicos y por lo tanto que esta disciplina abarca completamente a la robótica.

## *Mecatrónica, Robótica y su vinculación con el arte*

### *Algunos artistas referentes*

Stelarc es un artista y performer australiano célebre por sus exoesqueletos y sus interfaces hombre-máquina. Utiliza recursos tecnológicos varios como imágenes médicas, dispositivos protésicos y robóticos, realidad virtual, etc. y son dignos de ver algunos trabajos como su Walking Machine de 1998, un dispositivo neumático caminante que lo transportaba a modo de exoesqueleto. O la segunda versión de esta obra denominada Muscle Machine, un engendro móvil de casi 5 metros de diámetro.

Marcel Antúnez Roca es un artista catalán pionero en el uso de la robótica y la mecatrónica. Ya en 1992 presentó a Joan, L'home de carn un robot interactivo construido con cueros de cerdo y de vaca y animado con motores de limpiaparabrisas que reaccionaba a las acciones y sonidos del público con animación de su cuello, hombros, codo y pene, en una extraña paradoja entre lo robótico y lo biológico. <http://www.marceliantunez.com>

Eduardo Kac es brasileño y si bien lo primero que viene a la mente al mencionarlo es su trabajo en Arte transgénico, probablemente gracias a la difundidísima imagen de Alba, el verde y fluorescente conejo que ha creado, igual de importante es su trabajo en el campo de la telepresencia y las piezas biotelemáticas. Por mencionar solo alguna, podemos citar aquí Rara Avis de 1996 -una especie de papagayo a través de cuyos ojos podía el espectador verse a sí mismo mediante anteojos de realidad virtual- o el Proyecto Ornitorrinco, cuyos antecedentes se remontan a un robot teledirigido construido por Cristovão Batista da Silva y presentado en “Brasil High Tech” en 1986.

Son precisamente también obra de Kac los artículos que citamos a continuación, el primero de ellos es una interesante nota sobre el origen y

desarrollo del arte robótico: Origin and development of robotic art

<http://www.ekac.org/roboticart.html>

y el segundo una exhaustiva cronología de las obras más representativas en

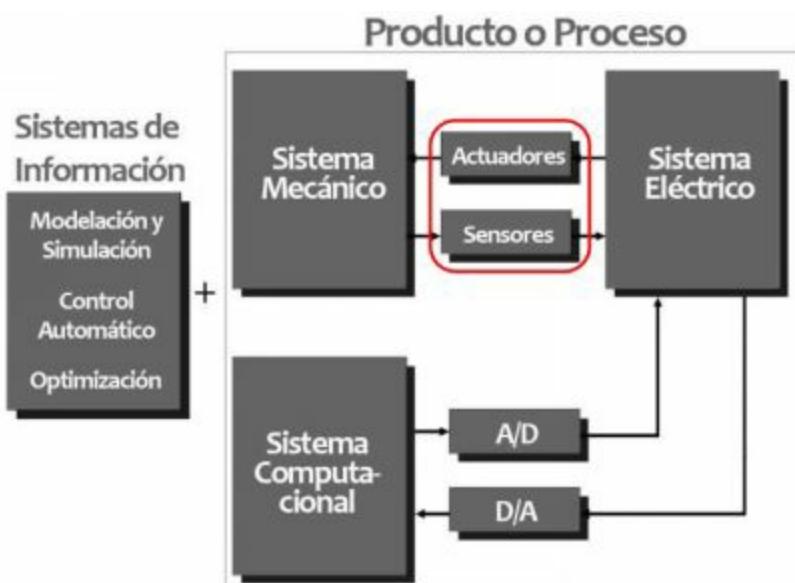
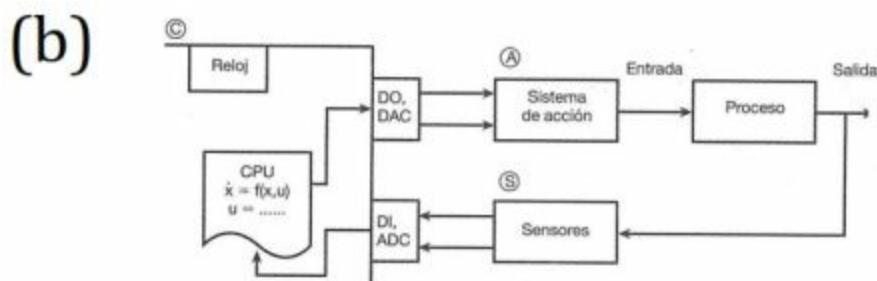
este campo: Robotic Art Chronology:

<http://www.ekac.org/robotichronology.html>

---

## Componentes de los sistemas mecatrónicos

Analogía entre un sistema de control manual (a) y uno automatizado (b)



## *Sensores*

- Son dispositivos electrónicos que nos permiten interactuar con el entorno.
- Nos proporcionan información de ciertas variables para procesarlas y generar órdenes o activar procesos.
- Son los «ojos» de un sistema.
- Sirven para la medición de variables como la temperatura, presión, fuerza, esfuerzo, posición, velocidad, aceleración, flujo, etc.

## *Ejemplos de sensores*

- Temperatura: termopar, termistores.
- Deformación: galga extensiométrica.
- Luz: fotorresistencia, fotodiódos.
- Sonido: ultrasónicos.

## *Actuadores*

- Son los «músculos» de un sistema.
- Dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, energía eléctrica y gaseosa.
- Dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o «actuar» otro dispositivo mecánico.

*Existen tres tipos de actuadores*

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos



Neumáticos: transforman la energía acumulada del aire comprimido en trabajo mecánico de movimiento circular o rectilíneo.

Hidráulicos: obtienen su energía de un fluido a presión, generalmente algún tipo de aceite mineral.

La principal ventaja es su relación potencia/peso.

Eléctricos: transforman la energía eléctrica en energía mecánica rotacional.

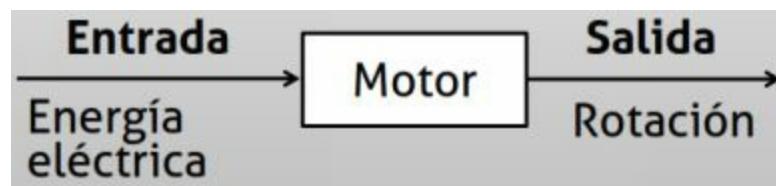
## *Sistemas generales de medición en mecatrónica*

El ser humano percibe información del mundo a través de sus sentidos, pero no todos lo percibimos de la misma manera.

Nuestros sentidos son incapaces de apreciar ciertas variables físicas.

Existe una necesidad de instrumentos de medida que suplan estas deficiencias. Un sistema consiste en una caja negra con una entrada y una salida.

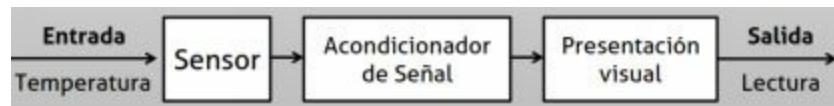
Su Entrada es la magnitud que se desea medir y su Salida es el valor correspondiente a dicha magnitud.



## *Sistemas de medición*

Están formados por tres elementos:

1. Sensor: es la cantidad que se mide, dando como salida una señal eléctrica (voltaje o corriente) relacionada con dicha medida.
2. Acondicionador: toma la señal del sensor y la manipula para convertirla a una forma adecuada para su presentación visual (amplificación, filtrado).
3. Presentación visual: (indicador análogo o digital) donde se despliega la salida producida por el acondicionador de señal.



### *Cantidad física*

El diseño de un sensor y un transductor siempre involucra la aplicación de alguna ley o principio de la física o la química que relaciona la variable de interés con alguna cantidad mensurable.

### *Efecto Doppler*

Donde la frecuencia recibida de una fuente de onda (sonido o luz) depende de la velocidad de la fuente.

Velocímetro láser Doppler (LDV) usa la frecuencia de luz láser reflejada en las partículas suspendidas en un flujo para medir su velocidad.

### *Efecto fotovoltaico*

Cuando la luz golpea un semiconductor en contacto con una base metálica, se produce voltaje. La operación de una celda solar se basa en este efecto.

### *Efecto fotoconductor*

Cuando la luz golpea ciertos materiales semiconductores, la resistencia del material disminuye.



Fotodiodo funciona en base a este efecto

### *Efecto Kerr*

Aplicar un voltaje a través de una sustancia puede producir polarización óptica.

Las pantallas de cristal líquido (LCD) funcionan como resultado de este principio.

### *Principio de Arquímedes*

La fuerza de flotación ejercida sobre un objeto sumergido o que flota es igual al peso del fluido desplazado. El volumen desplazado depende de la densidad del fluido. Un hidrómetro de inmersión usa este efecto para medir la densidad de un flujo (líquido de refrigeración automotriz).

## *Medición, exactitud, y precisión*

### Definiciones

- Medición: asignar números o símbolos para poder clasificar un algo o un fenómeno.
- Exactitud: grado de concordancia entre el valor medio y el valor verdadero.
- Precisión: cuando concuerdan dos o más mediciones de una misma cantidad.

Error: es la diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la cantidad que se mide.

$$\text{Error absoluto} = \text{valor medido} - \text{valor real}$$

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{valor medido} - \text{valor real}}{\text{valor real}}$$

## *Conceptos de Transductor, Sensor y Actuador*

### *Sensor*

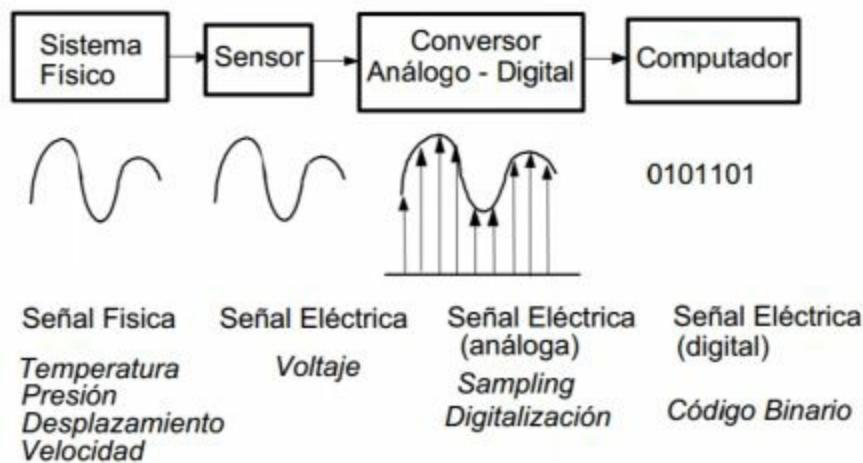
La clasificación de los sensores es de acuerdo a la magnitud medida (sensores de temperatura, presión, humedad, proximidad, aceleración, velocidad, fuerza, etc.).

La clasificación no es absoluta ya que la cantidad de magnitudes físicas que se pueden medir es muy grande.

Existen diversos criterios de clasificación, siendo los más importantes los siguientes:

- Por la señal de salida generada por el sensor (análogo, digital).
- Por el aporte de Energía. (pasivo y activo).
- Por el modo de operación (deflexión y comparación).
- Por la relación Entrada/Salida (orden cero, 1er. orden, 2do. orden).

### *Sensor - Señal de salida (análogo-digital)*





## *Sensor - Aporte de energía*

Pasivo o modulador.

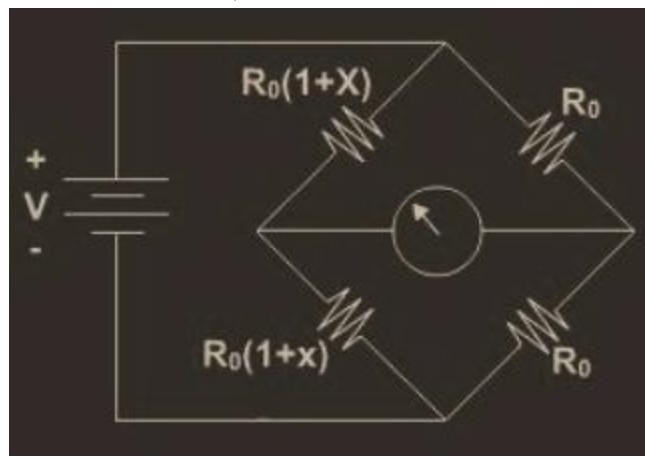
Para su funcionamiento necesitan una fuente de energía externa.

## *Sensores de parámetros*

Variables (de resistencia).

Variable, de capacidad.

Variable, de inductancia variable).



### *Activo o generador*

No necesitan alimentación auxiliar.

Convierten parte de la energía de la variable a medir en energía eléctrica para la salida del sensor.

Sensores piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoeléctricos, electroquímicos, magnetoeléctricos.

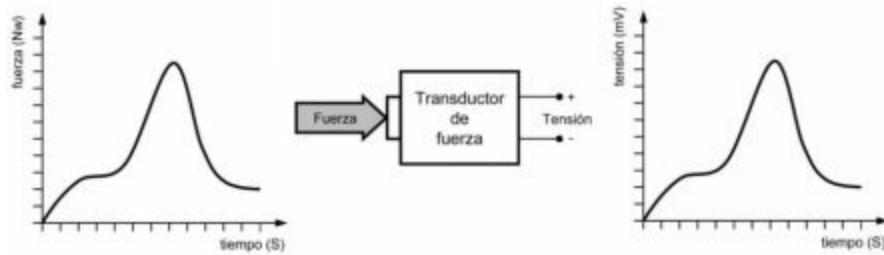


## *Transductor*

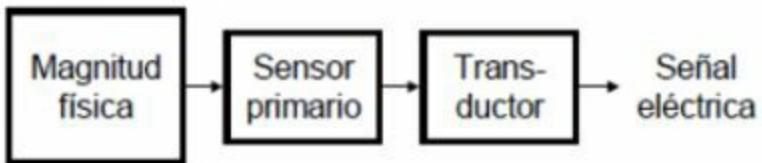
Elemento o dispositivo que tiene la misión de transformar, traducir o adaptar un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otro más adecuado para el sistema.

Convierte una magnitud física, no interpretable por el sistema, en otra variable interpretable por el sistema.

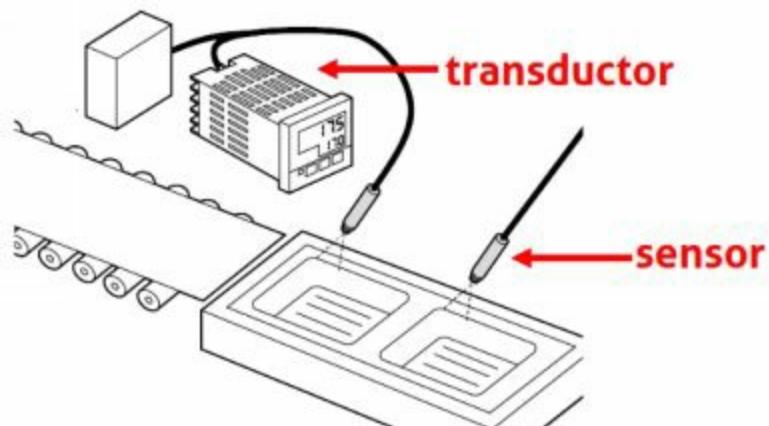
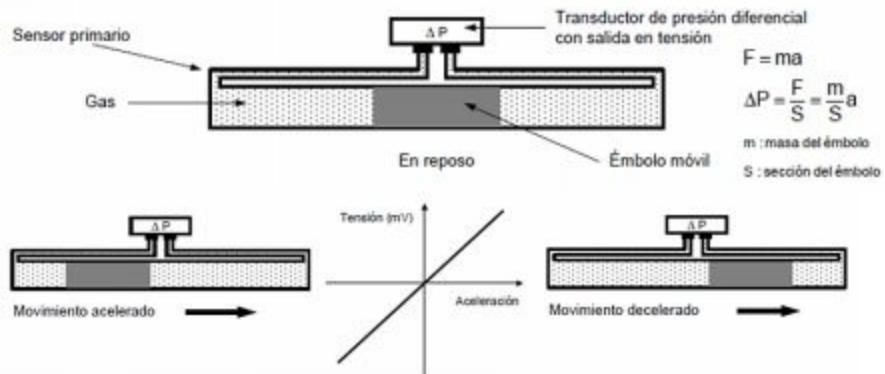
Siempre se produce una transformación de energía:  
mecánica → eléctrica.



## Diferencia sensor y transductor



Ej.: Sensor de aceleración basado en el uso de un gas



## *Actuador*

Elemento capaz de intervenir en el proceso que pretendemos controlar, su clasificación es según el tipo de energía empleada:

- Actuadores eléctricos.
- Actuadores neumáticos.
- Actuadores hidráulicos.



TIPO DE ACTUADOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<i>Neumático</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bajo costo</li><li>• Rapidez,</li><li>• Sencillos</li><li>• Robustos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Requieren de instalaciones especiales</li><li>• Ruidosos</li></ul>

## **Proyecto de laboratorio**

### *Objetivos*

Realizar un sistema de medición de temperatura controlado por un microcontrolador, obteniendo en tiempo real los datos publicados en HTML dentro de una computadora.

### *Características del sistema*

- La temperatura del sistema se debe encontrar siempre en una temperatura óptima entre 20 y 25°C.
- En el caso de exceder los 25°C, entraría en operación un ventilador del sistema que regularía la temperatura al rango establecido.
- En el caso de estar por debajo de los 20°C, entraría en operación un calentador del sistema que regularía la temperatura mediante el funcionamiento de un foco (60 Watts) conectado a corriente alterna (110 V).

### *Material*

- Microprocesador (AVR con ADC).
- Computadora con puerto serie.
- Sensor de temperatura LM35.
- Ventilador de computadora.
- Optoacoplador (MOC3031).
- Triac 200 V (Thyristor Triac de 4 Amperes, 200 V).
- Foco con socket.

### *Entrega del proyecto*

- Tiempo de 1 hora y 30 minutos para entregar el proyecto.
- Documentación en formato de artículo IEEE a doble columna, entregar la siguiente clase después de presentar el proyecto.
- Documentación sin haber aprobado la entrega, no se acepta.

### *Sitio web de búsqueda*

Para poder leer en tiempo real los datos publicados en HTML en una computadora, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Entrar al sitio [robotica-up.org/mecatronica](http://robotica-up.org/mecatronica)> laboratorio.
2. En la página del laboratorio, seleccionar el apartado HTML y JavaScript para leer un archivo de texto.
3. Estudiar el apartado y aplicarlo al proyecto de laboratorio.

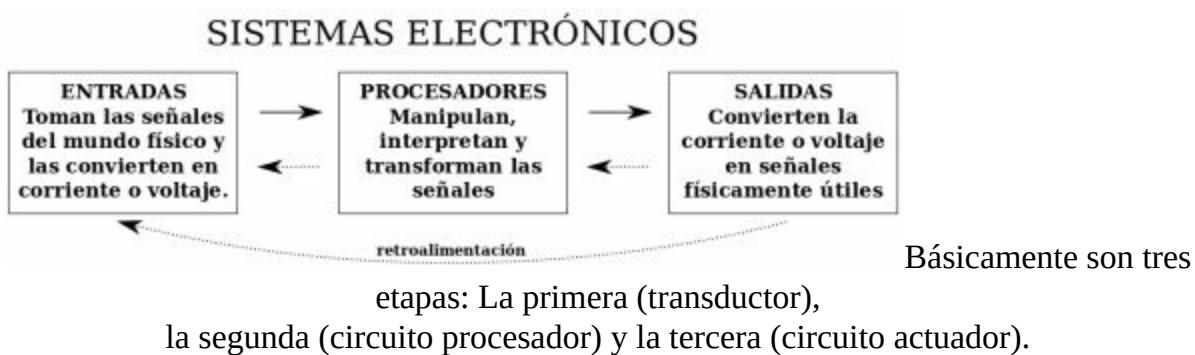
## Sistemas electrónicos para mecatrónica

Un sistema electrónico es un conjunto de circuitos que interactúan entre sí para obtener un resultado. Una forma de comprender los sistemas electrónicos consiste en dividirlos en las siguientes partes:

Entradas o Inputs – Sensores (o transductores) electrónicos o mecánicos que toman las señales (en forma de temperatura, presión, etc.) del mundo físico y las convierten en señales de corriente o voltaje. Ejemplo: El termopar, la foto resistencia para medir la intensidad de la luz, etc.

Circuitos de procesamiento de señales – Consisten en piezas electrónicas conectadas juntas para manipular, interpretar y transformar las señales de voltaje y corriente provenientes de los transductores.

Salidas u Outputs – Actuadores u otros dispositivos (también transductores) que convierten las señales de corriente o voltaje en señales físicamente útiles. Por ejemplo: un display que nos registre la temperatura, un foco o sistema de luces que se encienda automáticamente cuando este obscureciendo.



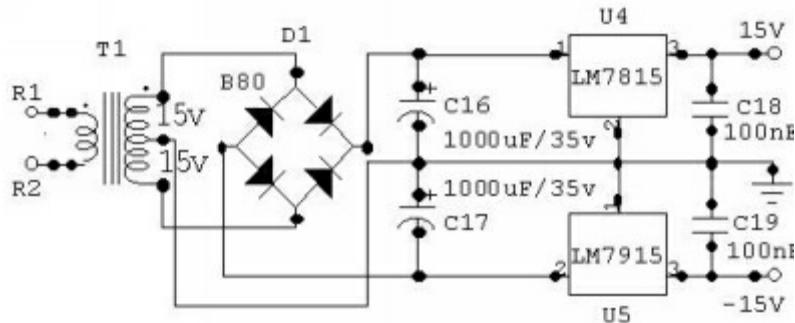
Muchos de los sistemas electrónicos requieren componentes o subsistemas

que ayudan a desarrollar sistemas mecatrónicos. Entre los subsistemas podemos contar los siguientes:

Fuentes de alimentación o fuentes de poder.

Circuitos amplificadores de potencia.

Circuitos acondicionadores de señales.



*Fuente de tensión continua, dual  $\pm 15$  v, regulada.*

Esta fuente proporciona dos tensiones de polaridad opuesta de +15v y -15v con respecto a la tensión de cero. Además de las dos tensiones de polaridad opuesta, da una sola tensión de + 15v o de una tensión de + 30v cuando tomamos como referencia de tierra la tensión negativa de -15v. La intensidad de salida que se puede obtener en cada rama depende del transformador que utilicemos y de los circuitos integrados que proporcionan la regulación de las tensiones y que sin utilizar ningún tipo de disipadores térmicos pueden trabajar holgadamente suministrando corrientes de unos 100 mA. (Autor Fernando Valcarce Codes).

Estos integrados, pertenecen a una familia de circuitos reguladores positivo y negativo de tensión:

- × LM7805 y LM7905
- × LM7812 y LM7912
- × LM317 y LM337



*electrónico*

*Diseño*

### *Retos del diseño eléctrico*

Reto: Especificación del tamaño del motor.

- Tipo (AC/DC).

- Torque contra requerimientos de velocidad

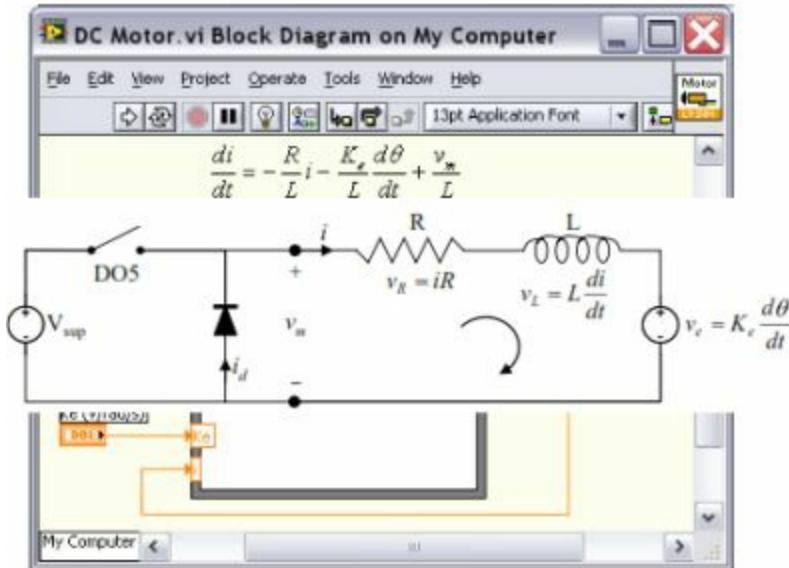
- Disipación de calor.

- Aplicar los principios de dimensión del motor de forma interactiva.

- Prueba virtual en varios motores.

## Dimensión virtual del motor DC

1. Adquirir las especificaciones del motor de la hoja de Datos.



2. Simular la respuesta del motor a la velocidad y el perfil de torque del CAD.

## **Sistema mecánico en mecatrónica**

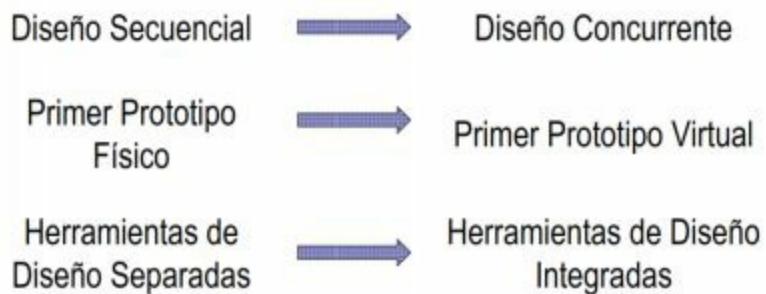
## *Sistema mecánico*

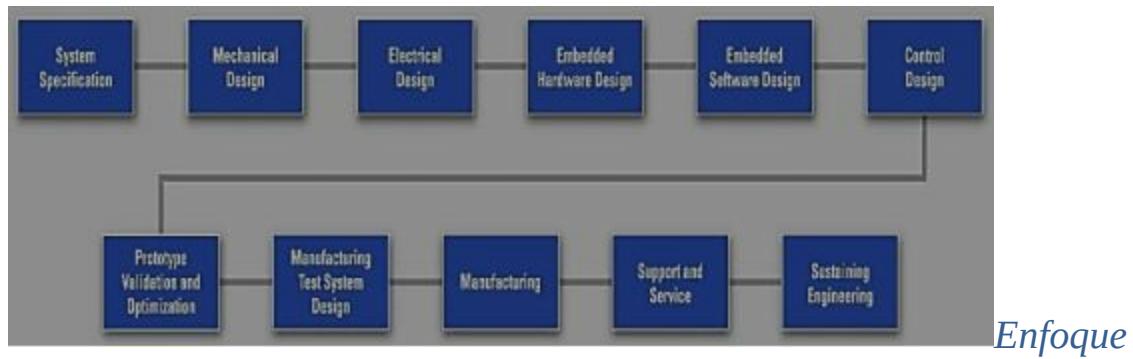
Engranes e interruptores de límites.

## *Sistema electromecánico*

Controles electrónicos, controladores de motores

*Tendencia para reducir tiempo de desarrollo*





*tradicional al diseño*

Comunicación deficiente entre grupos de diseño.

Largo tiempo de desarrollo con alto riesgo.

Diseño poco optimizado.

*Enfoque*

*Enfoque de la mecatrónica al diseño*

Electromecánico de la Máquina.

Ciclos de desarrollo cortos y de bajo costo.

Mejora calidad, confiabilidad y desempeño.

## *Prototipo virtual de máquinas*

Mecánico: Visualización de diseño.

Eléctrico: Tamaño del motor.

Control: Verificar la lógica del control.

Software Embebido: Implementación sencilla.



### *Retos en el diseño mecánico*

El Reto: Comprender los requerimientos.

Solución: Simulación electromecánica.

- Utilizar lógica de control para visualizar a la máquina trabajando.

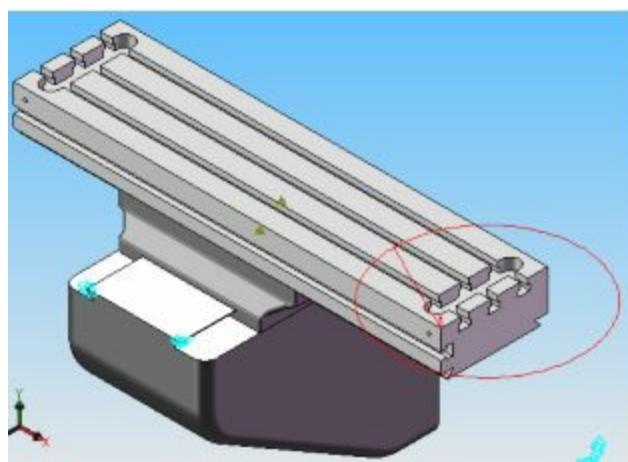
### *Beneficios*

*Comunicación mejorada con el cliente:*

- Aumentando la confianza: enseñando pruebas de concepto.
- Ventajas competitivas en el proceso de licitación.
- Mejoras en la comunicación del equipo de diseño.
- Redefiniendo especificaciones de diseño.
- Evaluar el diseño de la arquitectura a alto nivel.

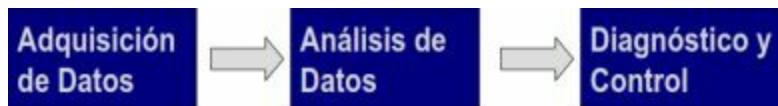
## *Pasos de simulación electromecánica*

1. Determinar la lógica de la máquina.
2. Generar el perfil de datos con software de prototipos virtuales.
3. Enviar a herramienta de diseño en 3D.
4. Use una herramienta CAD para animar la funcionalidad de la máquina.



## *Consideraciones adicionales de diseño:*

### Monitoreo de condición de máquina



## *Conclusión*

Desarrollo concurrente en la mecatrónica.

- × Reduce el riesgo y tiempo de desarrollo.
- × Requiere integración de herramientas de diseño.
- × Ni ofrece una ruta fácil para implementar sistemas en mecatrónica.

## **Diseño Mecatrónico**

Mecatrónica es un enfoque transdisciplinario, basado en sistemas de comunicación abiertos y prácticas concurrentes, para el diseño de mejores productos de ingeniería.

## *Arquitectura*

Es un esquema por el cual los elementos funcionales del producto son acomodados en bloques físicos que interactúan entre sí.

### *Elementos funcionales de un producto*

Son las operaciones y transformaciones que contribuye al rendimiento global del producto. Son descritos como esquemas antes de ser reducidos a tecnologías específicas, componentes o principios físicos.

### *Elementos físicos de un producto*

Son las partes componentes y subconjuntos que implementan las funciones del producto. Se vuelven más definidas conforme progresá el desarrollo del producto. Proceso de arquitectura de un producto. Crear un esquema del producto. Agrupar los elementos del esquema. Crear un diseño geométrico en bruto.

*Para agrupar los elementos se considera lo siguiente:*

Integración geométrica y precisión: elemento que requieren una locación precisa o una integración geométrica cercana deben ser de un bloque.

-Contribución de funciones: cuando un mismo componente físico puede implementar diversos componentes funcionales, estos deben ser parte de un bloque.

-Similitud en diseño o tecnología de producción: se dos elementos pueden implementar usando el mismo diseño y/o tecnología de producción, se deben poner en el mismo bloque.

-Arquitectura Modular: aquí los bloques implementan uno o pocos elementos funcionales en su totalidad.

-Arquitectura integral: los elementos funcionales del producto son implementados usando más de un bloque. Las interacciones entre bloques no están bien definidas y pueden ser incidentales.

-Diseño Industrial: Este debe entenderse como el servicio profesional de crear y desarrollar conceptos.

*Metas del diseño industrial*

-Utilidad -Apariencia -Facilidad de Mantenimiento -Costos Bajos – Comunicación.

### *Proceso del diseño industrial*

-Investigación Necesidades del Cliente. Conceptualización. Refinamiento. Mas Refinamiento y Selección del Concepto Final. Dibujos de Control.

Manufactura: Se refiere a la fabricación de los componentes individuales de un producto y armar.

Diseño para Ensamblaje (DFA) Significa orientar el diseño del producto atendiendo la facilidad de ensamblaje.

Diseño para manufactura y ensamblaje (DFMA).

Se refiere a que el diseño puede contemplar una combinación de (DFM) y (DFA).

### *Pasos a seguir en el diseño para manufactura*

1. Estimar Costos de Manufactura
2. Reducir Costos de los Componentes
3. Reducir Gatos de Ensamblaje
4. Reducir Costos de Producción
5. Considera el Impacto del (DFM).

Gastos Fijos: gastos necesarios para el funcionamiento de la empresa.

Gastos Variables: Relacionados con la producción.

Diseño Robusto: Es un concepto donde la idea central es concebir un producto resistente y robusto.

### *Los principales beneficios de un diseño robusto*

- Metodología que mejora la calidad y reduce costos
- Es una guía sistemática para encontrar una combinación optima de parámetros de diseño.
- Reduce Variación en las partes y proceso.
- Permite el Uso de partes comerciales ahorrando tiempo y dinero.
- Atrae mejor a los clientes.

Prototipo: Es una aproximación del producto a lo largo de una o varias dimensiones de interés.

Un prototipo puede usarse con muchos fines, como los que se enlistan a continuación:

- Reunir los requisitos iniciales del usuario.
- Validar especificaciones del sistema.
- Explorar soluciones para problemas específicos de diseño.
- Resolver imprecisiones de las primeras etapas de diseño.
- Gestionar las solicitudes de cambio.
- Validar requerimientos de los usuarios.
- Asegurar la calidad.

### *Prototipo físico*

- Los artefactos son creados para aproximar al producto.
- Son modelos que se ven y se sienten como.

### *Prototipo analítico*

- Se usa un modelo matemático, analítico, simulación o modelo computacional para analizar al producto.

### *Prototipo global*

- Versión a gran escala y totalmente operativa del producto.
- Sirve para identificar los defectos de diseño antes de comprometerse a la producción del producto.

### *Prototipo centrado*

- Implementa uno o pocos de los atributos del producto (funcionalidad o estética).

## *Tipos de prototipo*

### *Prototipo alfa*

- Primera construcción física del subsistema cuyo funcionamiento es individualmente probado.

### *Prototipo beta*

- Primer prototipo a gran escala y completamente funcional de un producto construido con los mismos materiales que se van a usar en el producto final.

Antes de construir un prototipo físico, se debe de considerar:

#### Propósito

1. Tiempo de desarrollo del prototipo.
2. Formas posibles.
3. Tipo de pruebas por realizar.

#### *Pasos para preparar un prototipo*

1. Definir el Propósito.
2. Establecer el Nivel de Aproximación.
3. Diseñar un Plan Experimental.

## Interpretación de planos eléctricos

### ACTIVIDAD 1.

Para conocer sus ideas previas acerca de los distintos tipos de planos eléctricos por favor complete la siguiente actividad.



¿En qué situaciones de su trabajo cotidiano tuvo la necesidad de utilizar planos eléctricos?

(This section contains a blank lined area for writing the answer to the question.)

### *Tipos de planos eléctricos*

La sistematización y clasificación de los planos eléctricos facilita el estudio y la diferenciación de los mismos. Por principio, los planos, los diagramas y los esquemas eléctricos se dibujan en estado de reposo.

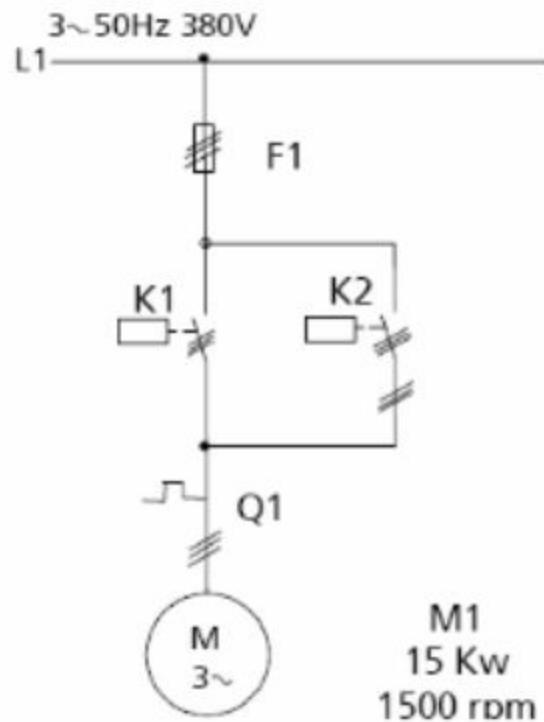
Esto significa que se dibujan sin tensión aplicada o bien sin que circule la corriente y las piezas mecánicas sin accionar. Si hubiera diferencias respecto a estas reglas, deberán indicarse explícitamente en los planos.

*Hay tres tipos básicos de planos*

- Plano general.
- De funcionamiento.
- De circuitos.

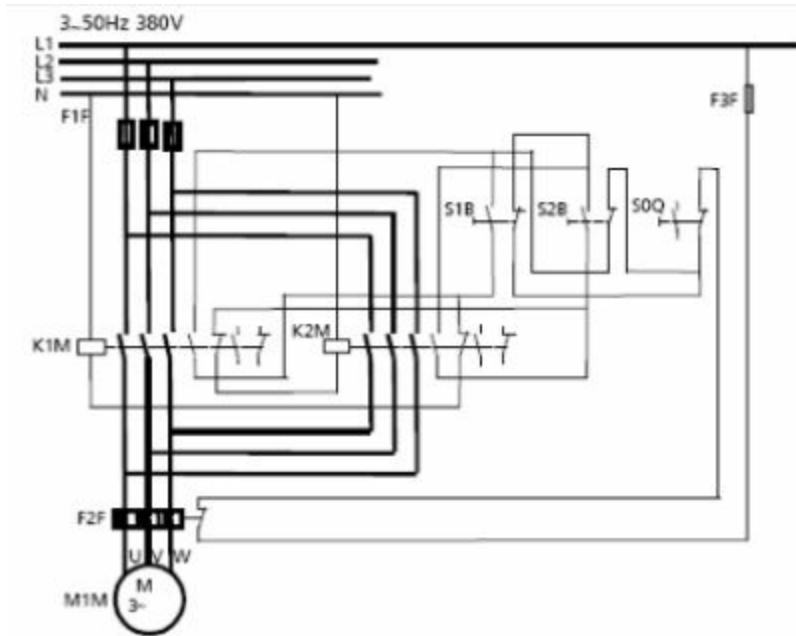
### *Plano general*

Esta es la presentación más simple, por lo general unipolar o unifilar.



## *Plano de funcionamiento*

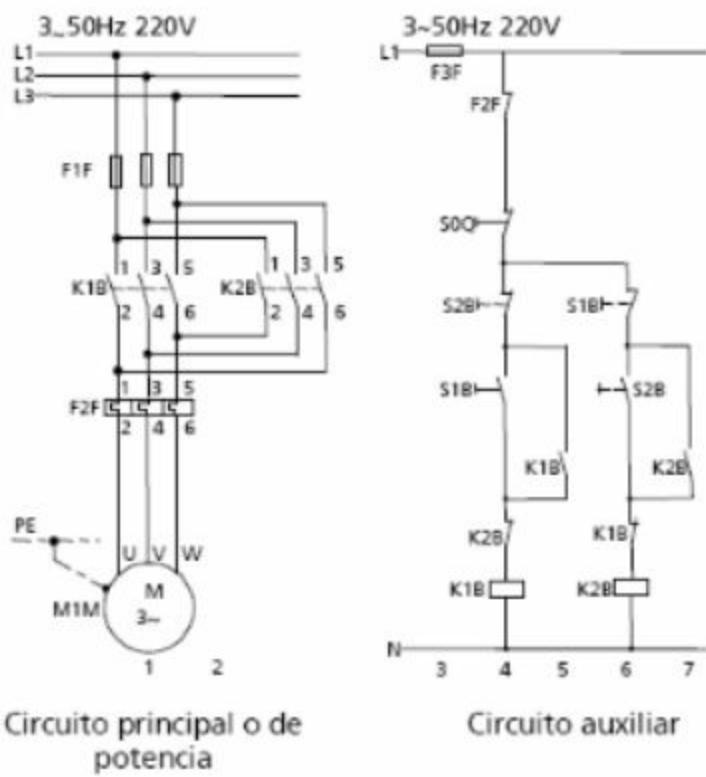
Este plano es la presentación detallada -en un solo plano de los circuitos principal y de mando de una conexión eléctrica.



## Plano de circuitos

Este plano es el más usado actualmente en la electrotecnia para la presentación de una conexión.

Se divide en circuito principal o de potencia y en circuito auxiliar o de mando (circuito de mando y señalización).



El circuito de mando se dibuja a la derecha y separado del circuito principal.

**ACTIVIDAD 2.**

Para profundizar sus conocimientos acerca de los tipos de planos eléctricos, le solicitamos que realice la siguiente actividad.



Señale si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- 1 En los planos, diagramas o esquemas normalmente se dibujan las piezas mecánicas accionadas. Por ejemplo la llave cerrada haciendo contacto.
- 2 Los planos de circuitos presentan al circuito principal y al circuito de mando de una conexión eléctrica
- 3 La diferencia entre un plano de funcionamiento y un plano de circuito, es que el primero muestra en un solo plano, el circuito principal y de mando.
- 4 La siguiente representación muestra la correcta ubicación del circuito principal o de potencia con respecto al secundario.

Verdadero      Falso

## *Planos eléctricos*

### *Simbología e identificación*

Es importante estar familiarizado con los símbolos que identifican y representan a los aparatos eléctricos

y electrónicos, en un plano eléctrico. Hay distintas normas para simbolizar a los aparatos eléctricos y electrónicos. Si bien hay muchas coincidencias en la representación de los mismos, existen diferencias que es necesario conocer.

Las normas vigentes son:

- Alemanas.
- Inglesas (British Standard).
- Americanas (American National Standards Institute).
- De la Comisión Electrotécnica Internacional.

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Corriente continua	—⎓	=	=	=
Corriente alterna	~	=	=	=

- × Alemanas (DIN)
- × British standard (BS)
- × American national standards institute (ANSI)
- × Comisión electrotécnica internacional (IEC/CEI)

¿Cómo interpretar la tabla de símbolos según las distintas normas?

= Símbolo y denominación coinciden con los de DIN.

- La norma no presenta ningún detalle para el símbolo.

Existen dos grandes grupos de normas: las IEC y las NEMA. Las primeras son europeas y las segundas americanas. A partir de estos dos grandes grupos derivan todas las otras normas existentes en la actualidad. Cada país se adhiere a una de ellas (a veces con algunas modificaciones) y la adopta como propia. Además, podemos mencionar las DIN y las VDE (alemanas) que son anteriores a las actuales IEC y se continúan usando según el país y el

fabricante.

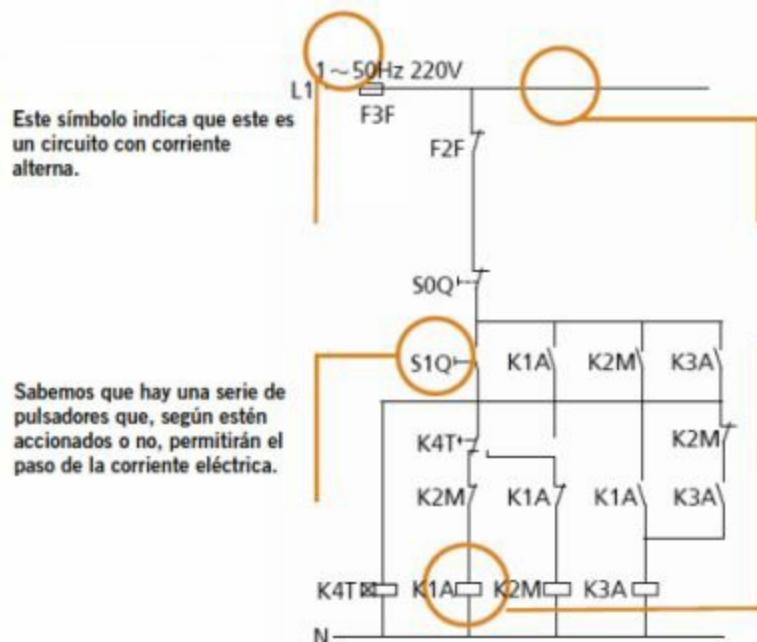
## *¿Qué representan los símbolos en un plano eléctrico?*

Cada uno de los aparatos que intervienen en un circuito eléctrico tiene una representación gráfica en el plano, según las normas internacionales antes mencionadas.

Cada uno de estos símbolos en un plano eléctrico nos permitirá conocer no sólo los elementos intervenientes sino, también, el funcionamiento del circuito en su conjunto.

Es importante estar familiarizado con los elementos más frecuentes en un plano eléctrico. La práctica y el uso de planos le permitirá reconocer cada vez más elementos.

Una línea sufrió un cortocircuito y Juan C. debe analizar un plano para encontrar dónde se produjo la falla. Si bien no conoce todos los elementos del circuito, hay algunos que le son familiares:



Esta es la representación de los hilos conductores por

donde circula la corriente. Este símbolo identifica a las bobinas de los contactores.

Probablemente, usted reconozca a  como símbolo para representarlas. Recuerde que la representación de cada símbolo puede variar según la norma de aplicación.

Estos son los símbolos que podrá encontrar más frecuentemente en los planos de circuitos industriales:

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
<b>CORRIENTE</b>				
Continua	—δ—	=	=	=
Alterna	~	=	=	=
Continua o alterna	~~	=	=	=
<b>CONDUCTORES</b>				
Con indicación del número de conductores	—//—	=	=	=

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
<b>RESISTENCIAS, INDUCTORES Y CAPACITORES</b>				
Resistencia	-□-	= δ ~~~~~	= δ ~~~~~	= δ ~~~~~
Condensador, capacitor	-  -	-  -	- (-	= δ - (-
Tierra	⊥	=	=	=

CONTACTOS				
Normalmente abierto (NA) (Contacto de cierre)				
Normalmente cerrado (NC) (Contacto de apertura)				
De acción retardada normalmente abierto, cierra retardado				
Normalmente cerrado, abre retardado				
Normalmente abierto, abre retardado				
Normalmente cerrado, cierra retardado				

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
<b>INTERRUPTORES</b>				
De potencia				
<b>FUSIBLES</b>				
Fusible				
<b>PULSADOR</b>				
Pulsador con contacto NA, con accionamiento manual, representación general		-	-	=
<b>SISTEMA DE TRACCIÓN</b>				
Sistema de tracción con reposición automática al cesar la fuerza de accionamiento, para contactores y similares				=

<b>TRANSFORMADORES</b>				
Con dos devanados separados		=	=	=
De intensidad				
De tensión				
<b>MOTORES</b>				
Motor trifásico con rotor de jaula				

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
<b>SEÑALIZACIÓN</b>				
Bocina				
Timbre		=		=
Sirena		=		=
Lámpara de señalización		=		=
<b>MEDICIÓN</b>				
Amperímetro		=	=	=
Voltímetro		=	=	=

**ACTIVIDAD 3.**

En esta actividad se trabajarán los símbolos de Transformadores, Tierra, Capacitores, Fusibles, Resistencias, Conectores, Amperímetros, Voltímetros de corriente continua y de Corriente Alterna. Cada uno de los bloques menciona uno de los elementos ya estudiados que se encuentran frecuentemente en un plano eléctrico.

Dibuje el símbolo eléctrico correspondiente de acuerdo al rótulo debajo. Elija una norma y si hubiera más de un elemento relacionado, indique cuál es.



Transformador

Tierra

Capacitor

Fusible

Resistencia

Conductor

Amperímetro

Voltímetro

Corriente Alterna

**ACTIVIDAD 4.**

En esta actividad se trabajarán los símbolos de Interruptor, Bocina, Válvula, Diodo, Transistor, Sirena, Motor trifásico, Timbre y Lámpara de Señalización entre otros, de acuerdo a las normas vigentes.



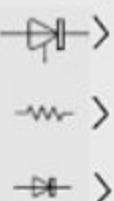
Por favor, una con flechas estos símbolos con su correspondiente denominación.

**1 Normas Alemanas (DIN)**

Interruptor de potencia

Bocina

Motor trifásico con rotor de jaula

**2 Normas Inglesas (British Standard)**

Tiristor símbolo general

Diodo semiconductor

Resistencia

**3 Normas Americanas (American National Standards Institute)**

Sirena

Timbre

Lámpara de señalización

A continuación, se detallarán los principales elementos que aparecen en los planos eléctricos. Su identificación es esencial para una correcta interpretación de los planos eléctricos.

Es importante que usted recorra las tablas, señale aquellos símbolos con los que se ha encontrado alguna vez en su trabajo y descubra la representación de los elementos más comunes.

= Símbolo coincide con el de DIN.

- Ningún detalle.

- Solamente para utilización en casos especiales.

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Conductor, representación general	—	=	=	=
Conductor de protección (PE) o conductor neutro con función de protección (PEN)	—	—	—	—
Neutro (N)	—	=	=	=
Conductor con indicación de número de conductores	— <u>n</u>	=	=	=
Empalme de conductores		=		
Punto de empalme, representación general, especialmente para empalmes (uniones) que no son para soltar durante el servicio	•	=	=	=
Empalme separable	○	=	—	=
Bornera Borne en fila		—	=	=
Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Resistencia				
Resistencia con tomas		=	=	=
Devanado, inductividad				
Idem, con tomas				
Condensador, capacitor				
Idem, con tomas		—	—	=
Tierra		=	=	=
Masa				
Variabilidad, regulable durante el servicio		=	=	=
Variable bajo influencia de una magnitud física		—	=	=

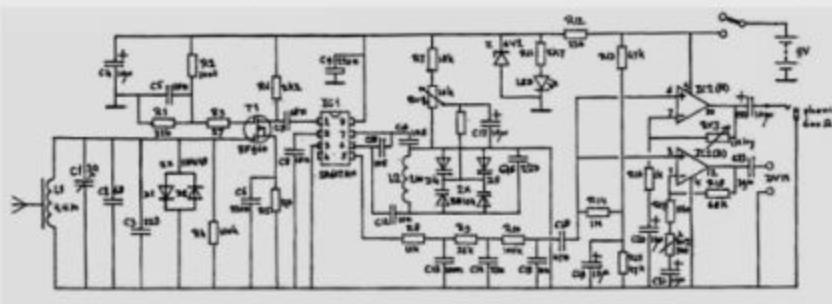
Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Bocina				
Timbre		=		=
Sirena		=		=
Lámpara de señalización		=		=
Señalizador de aguja		-	-	=

1 ¿Qué elementos reconoce en el siguiente circuito electrónico?

Conductor  
Resistencia  
Inductancia  
Capacitor  
Masa  
Contacto  
Interruptor  
Fusible  
Relé



Transformador de tensión  
Transformador de intensidad  
Autotransformador  
Motor trifásico  
Transistor  
Tiristor  
Diodo  
Válvula  
Amperímetro



### *Planos eléctricos. Interpretación*

La interpretación de los planos eléctricos es un trabajo complejo, para el cual es necesario tener en cuenta todos los componentes que forman parte de los mismos y sus funciones.

## *Identificación de elementos en planos eléctricos*

En este contenido se detallarán recomendaciones para facilitar la identificación de ciertos elementos dentro de los planos eléctricos.

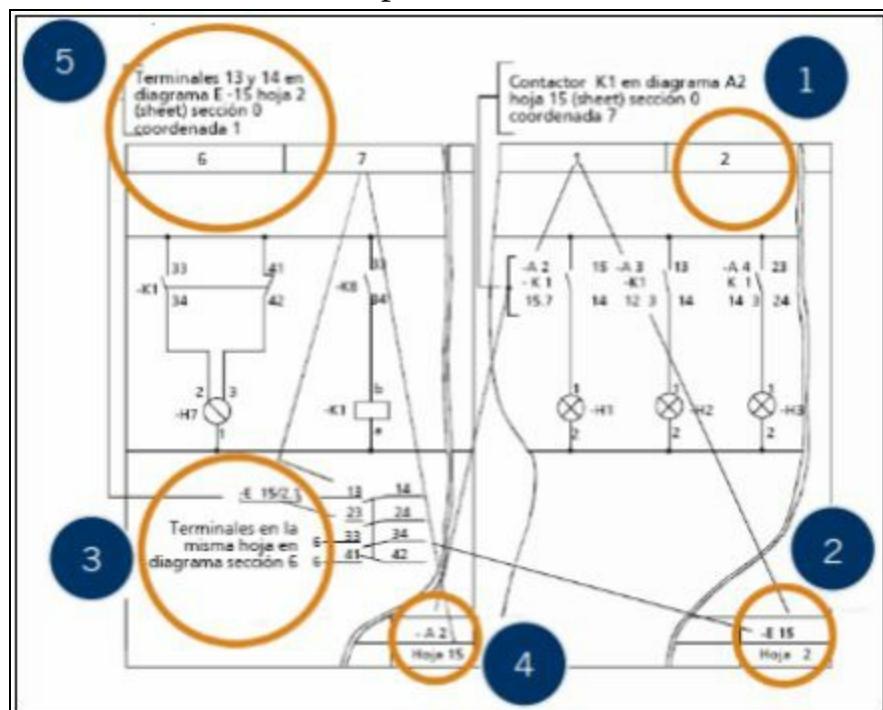
## *Complementos para la identificación de elementos*

Ya hemos visto varios elementos fundamentales para la interpretación de un plano eléctrico: símbolos de componentes, análisis y deducción de los esquemas eléctricos.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta una serie de informaciones auxiliares muy útiles para el seguimiento y ubicación de los elementos en el plano.

Esto es de especial importancia cuando, debido a la extensión del circuito, los distintos esquemas eléctricos pueden mostrarse en más de una hoja.

Se detallarán a continuación cinco complementos o recomendaciones para la identificación de elementos en los planos eléctricos.



Por conveniencia se trazan líneas divisorias y renglones para localizar fácilmente parte de los circuitos.

*Los diagramas esquemáticos se dividen en:*

a) Cuadros: coordenadas identificadas con números, números y letras.



b) Secciones: columnas

identificadas con números, letras o la función específica del circuito en el equipo o máquina.

Cuando el circuito de un equipo, debido a su extensión, está compuesto de varios planos u hojas cada una de ellas debe estar perfectamente identificado con los siguientes datos en un rótulo:

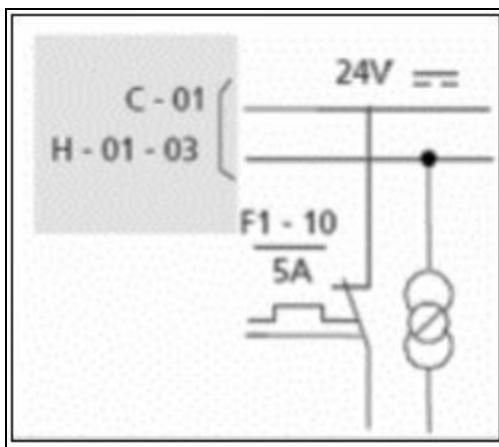
## *Denominación del plano*

- Número del plano.
- Número de la página u hoja.
- Número total de páginas u hojas del circuito.

DENOMINACIÓN CAJA CONEXIÓN KL-1	Nº. PLANO	E-731
	CONJUNTO	K1
	Nº. HOJA	04
	Nº. PÁGINA	

El seguimiento de los circuitos (líneas de alimentación, cajas de conexión, borneras, cables, etc.) cuando se prolonguen en varias hojas se debe indicar con las siguientes referencias:

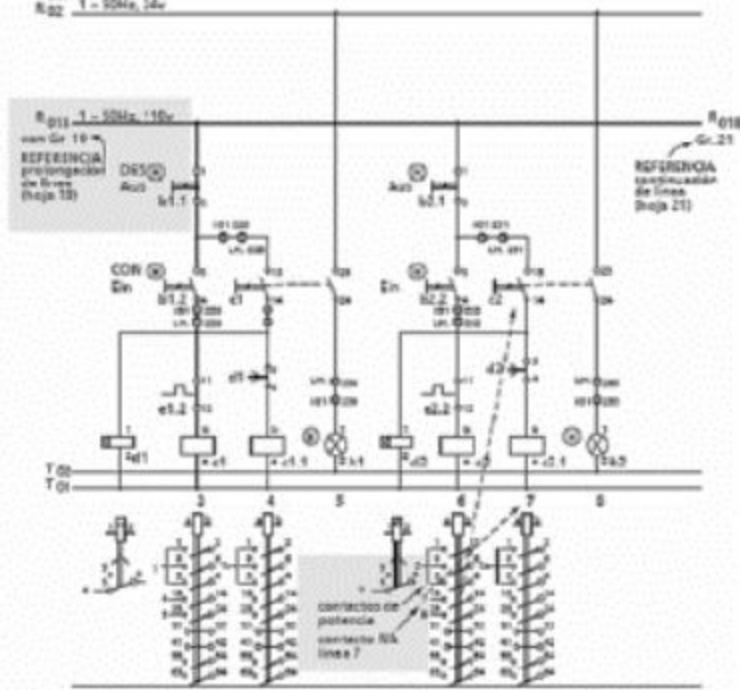
- Letras.
- Letras de identificación y número de hoja posterior o anterior.
- Letra y números.



La ubicación de los contactos pertenecientes a una determinada bobina se realiza con diferentes tipos de identificación en el cual pueden figurar las siguientes referencias:

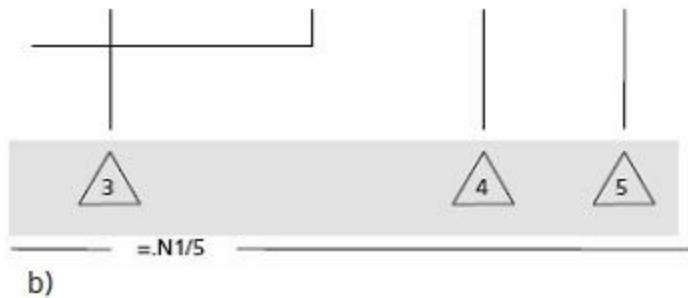
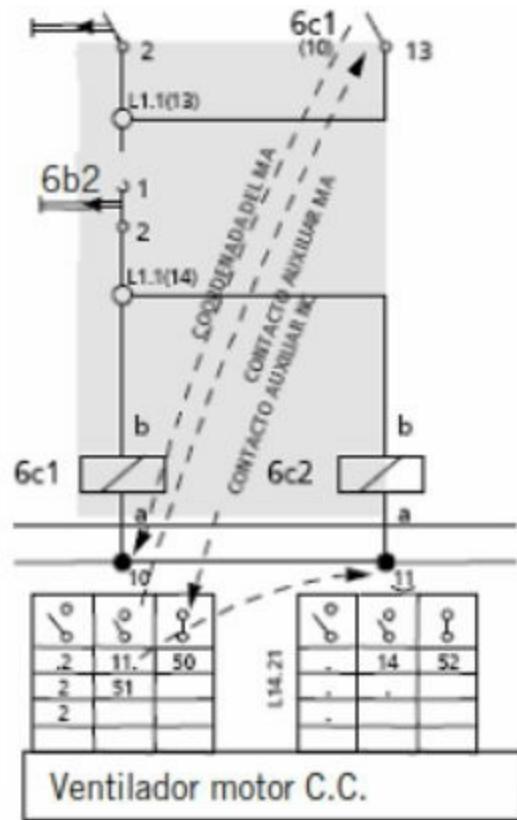
- Cantidad de contactos NA, NC, de potencia y temporizados.
- Número de coordenadas o sección del contacto (en la misma hoja).
- Número de hoja y coordenada o sección del contacto (en la misma hoja).

R 017 1 - 50Hz, 110v  
R 02 1 - 50Hz, 24v



Existen varias formas de mostrar notas explicativas o aclaratorias en los planos eléctricos. A continuación, enumeramos dos de las más usadas:

- Nota aclaratoria sobre la función, posición o parte de la máquina ubicada en una o varias líneas sobre el circuito.
- Colocación de un número en un triángulo ubicado en el punto del circuito cuya aclaración se pretende. La nota se coloca sobre el lado derecho del plano.



Los contactos pueden ser pulsadores o para el caso de un automatismo contacto de relés de protección (caso de parada solamente) o contacto de controladores de nivel, presostato, fines de carrera, sensores infrarrojos, sensores de proximidad, etc.

## Método para la localización de fallas

En este contenido se explicitará un posible método para detectar las fallas que puede haber en los planos eléctricos. Supongamos que en la figura el contactor principal C4 no entra impidiendo el funcionamiento de

la máquina. Para la localización de la bobina correspondiente, se debe buscar de acuerdo al número que figura entre paréntesis (2.47). Esto es Hoja 2, Línea 47 en el esquema funcional. Acá se encuentra la bobina correspondiente al contactor C4. Siguiendo esta línea se encuentra que, como condición de entrada de C4, hay un contacto normal abierto de C5 de tal manera que para verificar su estado en el tablero de relé tendremos que medir entre los contactos 23, 24 y 25 de C5. En caso de estar abierto, quiere decir que C5 tampoco está energizado por lo cual deberemos buscar su bobina - la cual se encuentra en la hoja 2, línea 43. Así sucesivamente, se sigue la cadena de contacto hasta localizar cuál es el elemento que se encuentra fallado. Este procedimiento se puede seguir en cualquier tipo de planos, adaptado en cada caso a la forma en que están indicados los elementos correspondientes.

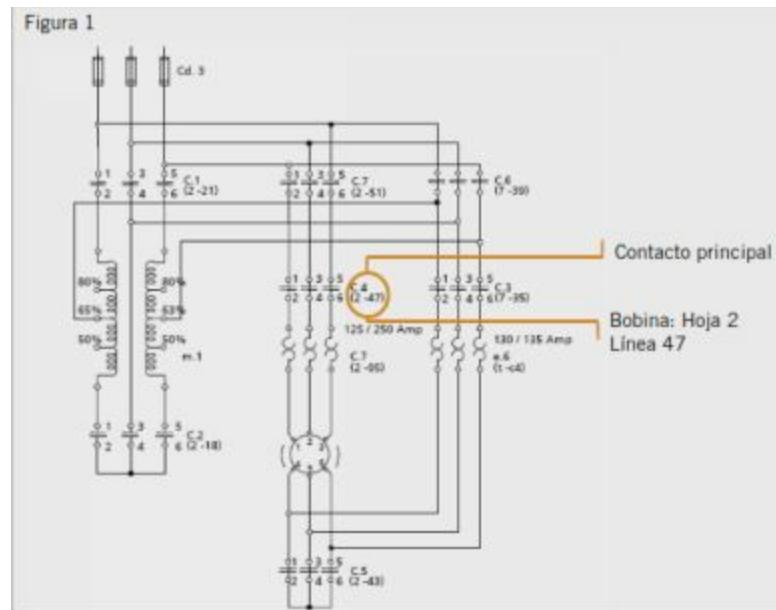
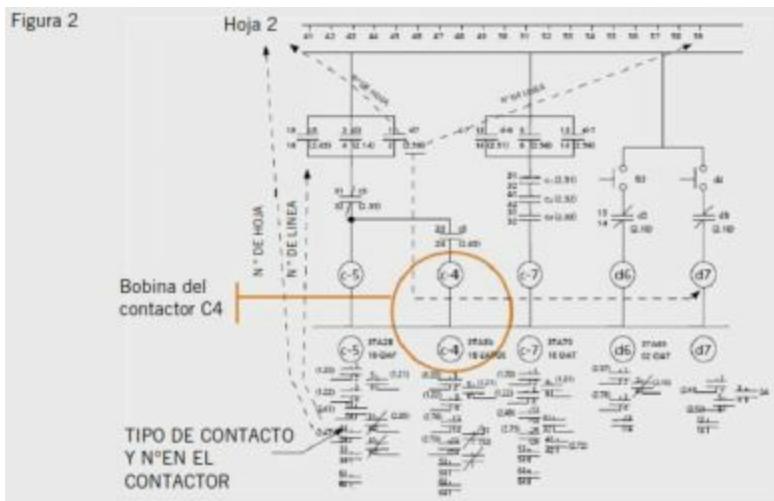


Figura 2



## *Planos con circuitos eléctricos en controladores programables (PLC)*

En este contenido se detallará el uso de los planos con PLC y su diferencia con respecto a los planos con circuito eléctrico. Los controladores programables PLC están compuestos por:

### *Hardware*

Elementos electrónicos compuestos por dispositivos de programación CPU (unidad central de proceso), fuente de alimentación, memorias y módulos de entrada y salida.

### *Software*

Programa inserto en la memoria del equipo.

## *¿Cuál es la diferencia entre el plano de un circuito eléctrico y de un PLC?*

A diferencia de los tableros de relés convencionales, que poseen planos de cables y funcionales como hemos visto en el transcurso del curso, los PLC poseen la lógica de control en un programa almacenado en la memoria, cuyo acceso al mismo se realiza a través de una PC o programador, pudiéndose modificar, listar o imprimir por medio de una impresora.

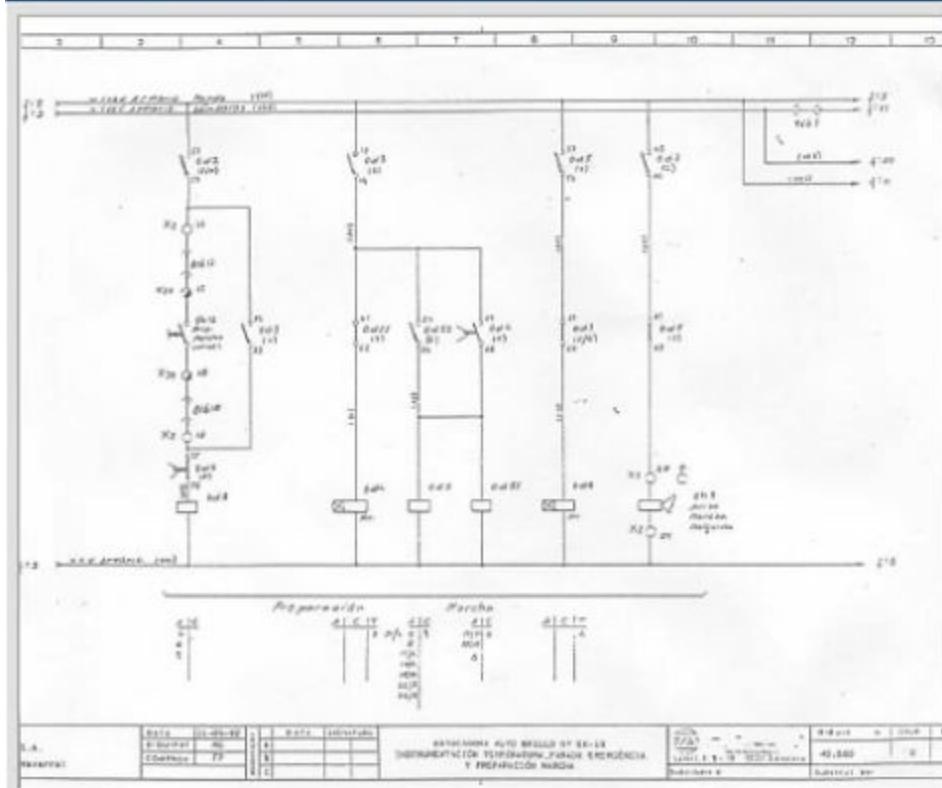
Para las tareas de mantenimiento y seguimiento o detección de falla en el trabajo de campo (instalación en planta), se utilizan planos para cada módulo con esquemas topográficos y esquemas de entradas (pulsadores, fin de carrera, presostato, fotocélula, etc.) y salidas (bobinas, relés, solenoides, leds, lámparas, etc.).

## *Estos planos indican:*

- Ubicación de los módulos (rack, housing, tablero).
- Tipos de entradas y/o salidas.
- Su identificación.

- Puntas o borneras de conexión.

1. ¿Cuál de los siguientes planos corresponde a un circuito con PLC?
2. Marque en el plano cuáles son los elementos que los distinguen.



## *Interpretación de planos mecánicos*

### *¿Qué es un plano?*

Los Planos son la representación gráfica y exhaustiva de todos los elementos que plantea un proyecto. Contienen la geometría plana y volumétrica de los elementos proyectados de forma que los defina completamente en sus tres dimensiones.

Los Planos nos muestran cotas, dimensiones lineales de superficies y dimensiones volumétricas de todos los componentes y las acciones que conforman los trabajos desarrollados por el proyectista, esto es llamado dibujo técnico. Como un dibujo es un conjunto de instrucciones que tiene que cumplir el operario, debe ser claro, correcto, exacto y completo. Los campos especializados son tan distintos como las ramas de la industria. Algunas de las áreas principales del dibujo son: Mecánico, arquitectónico, estructural y eléctrico.

### *Tipos de planos*

Estructurales. (Bases En Angulo, Buques, Arcos, Parales Etc.).

Arquitectónicos. (Distribución en Planta).

De Cortes y Secciones. (Longitudinales, Transversales).

De Detalle (Exteriores, Estructural, Instalaciones, Acabados, Muebles y Accesorios).

De Instalaciones. (Eléctricas, Hidrosanitarias, De Comunicaciones, Etc.).

De Acabados. (Exteriores, Interiores).

## *Las líneas en los planos*

En el dibujo técnico son empleados diferentes tipos de líneas, de acuerdo al propósito. Cada una de ellas tiene su razón y significado, así como su clasificación establecida por el reglamento del dibujo técnico, para que estas sean de fácil y universal comprensión para todo ingeniero. Se califican por su grosor y uso, como Gruesas, Medianas y Finas. Las Normas Industriales y algunos otros organismos internacionales, han considerado necesario el normalizar los diferentes tipos de líneas con el fin de lograr que la comunicación que se desea a través de un dibujo técnico sea de fácil comprensión.

-Líneas gruesas: Son las que definen el cuerpo del dibujo, normalmente tienen 0,8 mm de espesor.

- Contorno: Es usada para contornos y aristas visibles de objetos, también para limitaciones de rosca (ISO).
- Plano de corte: Expresan la situación del objeto en el plano de corte, poseen una flecha en cada extremo indicando la dirección de la vista.
- Rotura corta: Es la que, en representación de piezas largas, las corta transversalmente o en su menor dimensión.

-Líneas medianas: Son líneas que tienden a ser de 0,4 mm.

- Contornos ocultos: Indican aristas y contornos ocultos, en detalles no visibles y roscas (DIN).
- Posiciones extremas y formas primitivas: Así como su nombre lo indica, se usan para indicar formas primitivas y extremas, también para secciones, cortes y vistas inclinadas.

-Líneas finas: Son líneas que tienden a ser por debajo de 0,4 mm.

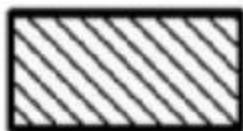
- Contornos ocultos: Indican aristas y contornos ocultos, en detalles no

visibles y roscas (DIN).

- Posiciones extremas y formas primitivas: Así como su nombre lo indica, se usan para indicar formas primitivas y extremas, también para secciones, cortes y vistas inclinadas.
- Auxiliar de cota: Partiendo de la figura, limitan el espacio a dimensionar, puede o no tocar la figura; pero siempre se extenderá 1 o 2 mm pasada la línea de dimensión (DIN).
- Dimensión: Se usa para indicar dimensión y puntos extremos de una dimensión, se interrumpe para colocar la cota (DIN).
- Eje: Se colocan en como líneas centrales, divisorias y como ejes de objetos. Si posee puntos y trazos es para marcar el eje de simetría.
- Rotura larga: En la representación de piezas excesivamente grandes, la corta en su mayor dimensión.

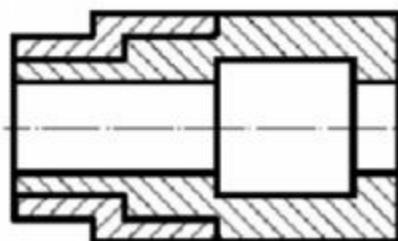
### *Generalidades sobre el rayado*

El rayado se utiliza para resaltar las secciones de los cortes. La línea utilizada será continua fina y formará con los ejes o líneas principales del contorno de la sección un ángulo muy acusado, preferentemente de 45°.



Las diferentes Secciones de corte de una misma pieza se rayarán de manera idéntica. El rayado de piezas diferentes yuxtapuestas o unidad, este se orientará de manera distinta. El intervalo entre las líneas del rayado se escoge en función del tamaño

de la superficie a rayar. Se recomienda un espaciamiento mínimo de 0,7 mm. Para superficies grandes, el rayado puede reducirse a una zona rayada que siga el interior del contorno de la superficie rayada.

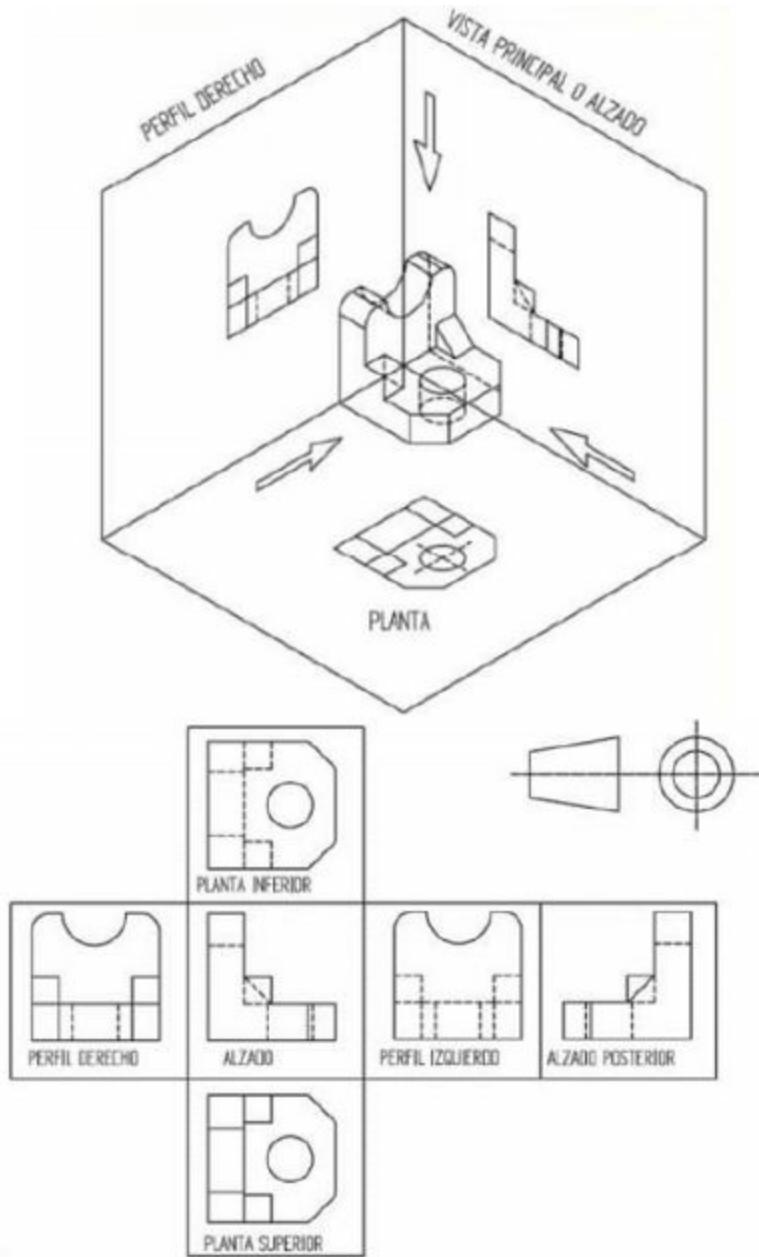


## *Representación de piezas*

### *Cubo de proyecciones*

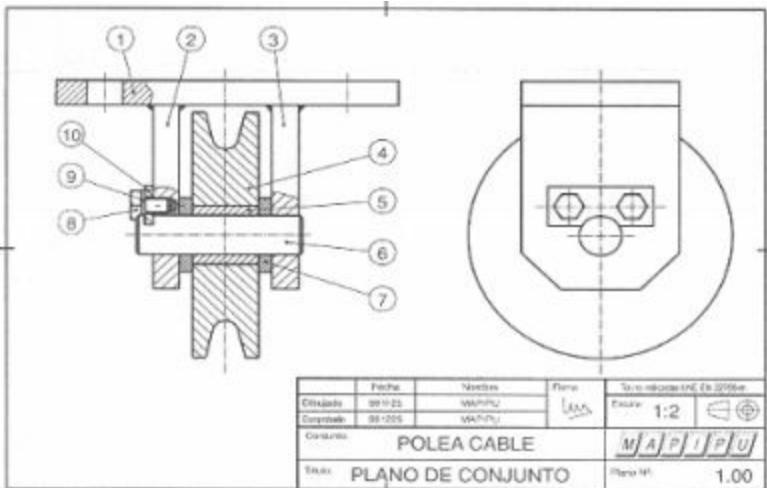
Las distintas proyecciones denominadas, vistas de una pieza se obtienen teniendo en cuenta las proyecciones diédricas de la misma.

Para una mayor claridad vamos a situar la pieza dentro de un cubo y proyectar de forma ortogonal sobre cada una de las caras.

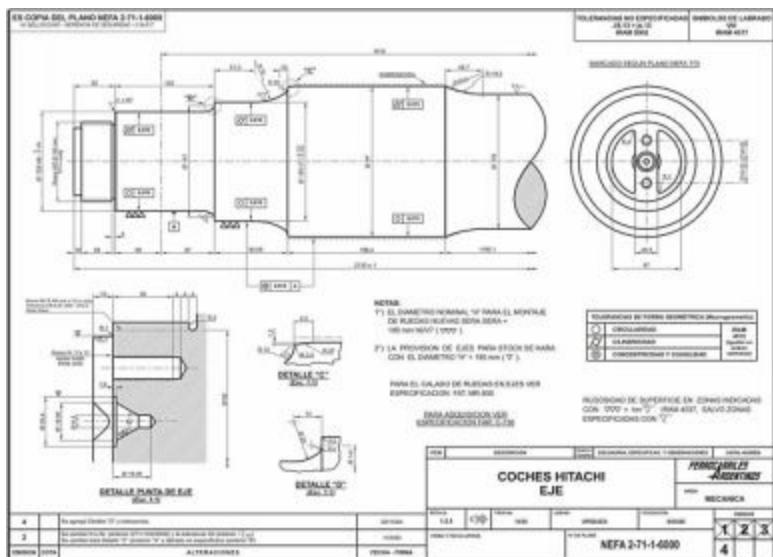
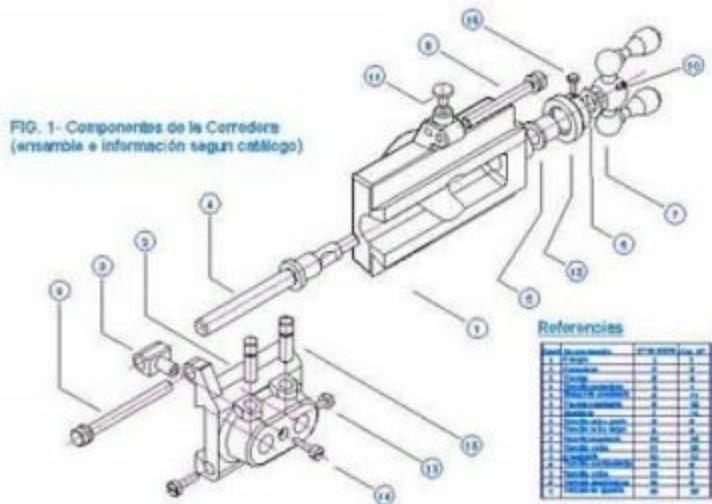


## *Planos mecánicos*

### *Plano de montaje*



## Plano en perspectiva explosiva



### *Interpretación de planos neumáticos hidráulicos*

A nivel industrial es común encontrar toda clase de máquinas o dispositivos que incluyen sistemas de diversos tipos como neumáticos, eléctricos o combinaciones de ellos, por ello es importante incluir estos sistemas en los planos, por medio de representaciones sobre las cuales se especifican detalles dimensionales, acabados y demás detalles necesarios para su fabricación. Como hemos analizado anteriormente, los planos técnicos reúnen toda la información necesaria para describir las características de una máquina o elemento de máquina, por medio de representaciones sobre las cuales se especifican detalles dimensionales, acabados y demás detalles que necesita conocer un operario para fabricar cada una de las piezas que integrará la máquina. En este orden de ideas las máquinas más modernas no sólo incluyen mecanismos o sistemas mecánicos, sino que también incluyen un grado más complejo de automatización en el cual se incluyen sistemas neumáticos y diversos circuitos eléctricos. Esta condición implica que el personal relacionado con el proceso, con el mantenimiento o construcción de estas máquinas tenga la capacidad de interpretar planos técnicos donde se incluyan circuitos neumáticos y/o eléctricos, y a partir de estos determinar detalles constructivos, elementos que integran el sistema y determinar procedimientos de ajuste o mantenimiento.

## *Diagrama neumático*

En la actualidad, la necesidad de automatizar los procesos industriales hace que las empresas de todos los niveles se vean obligadas a remplazar el trabajo manual con sistemas modernos y automatizados.

La neumática constituye uno de ellos, con el uso de la neumática se agilizan los procesos, se hacen más regulares y estables y comparada con el trabajo humano se pueden realizar los mismos procesos sin sufrir efectos de fatiga. Estas condiciones, añadidas a

los bajos costos que implica el uso de la tecnología neumática, determinan la alta empleabilidad en los sectores productivos. Por esta razón es importante que los especialistas, ingenieros y técnicos estén en la capacidad de enfrentarse a los desafíos que implica el diseño, construcción, puesta en marcha y mantenimiento de sistemas neumáticos, con todo lo que ello implica. En nuestro caso nos dedicaremos a analizar toda la parte simbólica que se incluye en un plano neumático para enfocarla en la interpretación de diagramas neumáticos o planos neumáticos. Es importante también mencionar que la interpretación de un esquema neumático debe realizarse en sentido de flujo de la energía, de abajo hacia arriba, continuando con los diferentes elementos de maniobra de izquierda a derecha.

Los elementos de trabajo o actuadores se indican con los números 1, 2, 3, 4...

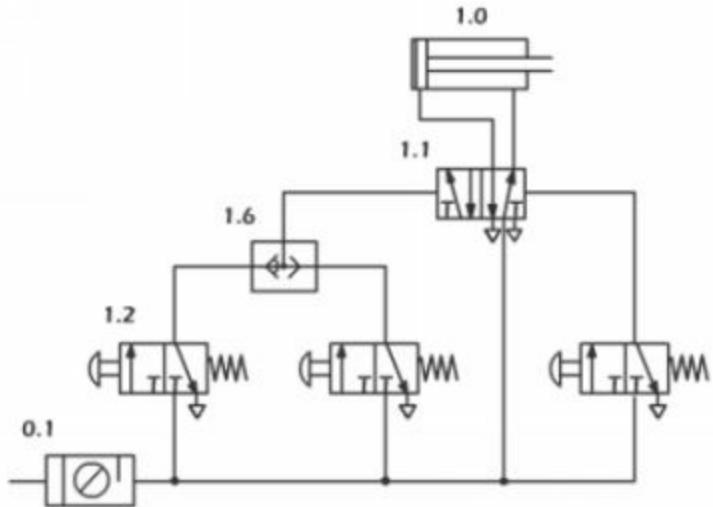
Los elementos de maniobra con los números 1.1, 2.1, 3.1, 4.1...

Los elementos de entrada y de procesamiento con los números 1.2, 1.3, 1.4, 1.4...

Para estructurar un sistema neumático se debe tener en cuenta el flujo de las señales y en consecuencia el sistema se puede dividir en los siguientes grupos:

- Abastecimiento de energía.

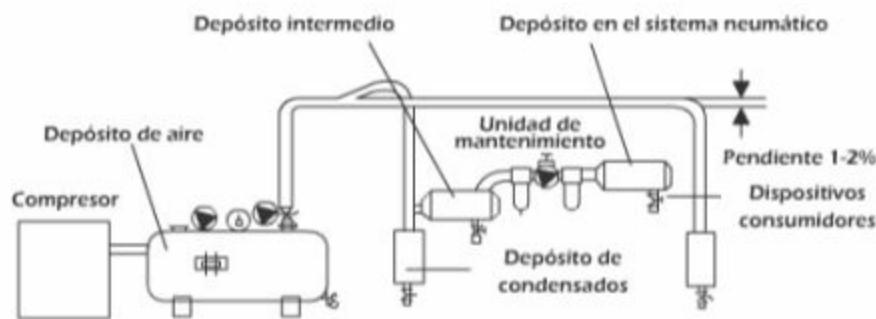
- Elementos de entrada.
- Elementos procesadores.
- Elementos de maniobra o control final y actuadores.



## *Símbolos empleados en sistemas neumáticos*

Para diseñar y desarrollar sistemas neumáticos es necesario recurrir a símbolos estandarizados con el fin de simplificar la representación de elementos y esquemas de distribución en un plano. Los símbolos deben informar sobre las siguientes propiedades:

- Tipo de accionamiento.
- Cantidad y denominación de las conexiones.
- Cantidad de posiciones.
- Funcionamiento.
- Representación simplificada del flujo.



En un sistema neumático una de las principales etapas del proceso se da en el sistema de generación y distribución de aire o lo que se puede simplificar como sistema de abastecimiento de energía. En la zona de abastecimiento de energía se encuentran los compresores de aire, los acumuladores, los reguladores de presión y las unidades de mantenimiento. Esquemáticamente el sistema de abastecimiento se estructura de la siguiente manera:

## Símbolos del grupo de abastecimiento de energía

Simbólicamente los componentes del grupo de abastecimiento de energía y tratamiento de aire se representan de la siguiente manera.

Unidades de tratamiento de aire			
Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
Compresor		Lubricador	
Generador de vacío		Separador de neblina	
Acumulador ó tanque de aire		Colector de agua con purga automática	
Refrigerador		Filtro con colector de agua	
Secador		Unidad de mantenimiento (Símbolo simplificado)	
Unidad de mantenimiento (Combinación de filtro, regulador de presión y lubricador)		Silenciador	

Elementos de control y regulación de variables			
Descripción	Manómetro	Termómetro	Presostato
Símbolo			

Elementos de transmisión de energía			
Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
Conexión de alimentación		Punto de escape con racor de conexión	
Línea de trabajo		Toma de presión ciega o tapón	
Línea de mando		Toma de presión con línea de conexión	
Línea de escape		Acoplamiento rápido sin válvula de retención	
Línea eléctrica		Acoplamiento rápido con válvula de retención	
Línea flexible		Línea abierta	
Empalmes de línea		Línea cerrada por válvula de retención	
Cruce de líneas sin empalme entre ellas			

Símbolos del grupo de elementos de entrada y del grupo de control final. Otro grupo importante de elementos que hacen parte de un sistema neumático son las válvulas distribuidoras o de vías. Estas válvulas generalmente hacen parte del grupo de elementos de entrada y del grupo de control final. En su representación es importante incluir el tipo de accionamiento que, para el caso de las válvulas del grupo de elementos de entrada, generalmente es de tipo manual o mecánico y para el grupo de elementos de control final generalmente es de tipo neumático o eléctrico, sin excluir completamente los demás tipos de accionamiento en ambos casos. En la práctica los elementos de entrada se conocen como válvulas distribuidoras auxiliares porque son utilizadas para dirigir convenientemente las señales de presión dentro del circuito, pero no suministran aire directamente a los actuadores y las válvulas de control final se conocen como válvulas principales o de potencia porque suministran directamente el aire a los actuadores. Las válvulas distribuidoras son representadas indicándose la cantidad de conexiones o de vías, la cantidad de posiciones y la dirección de flujo de aire. Las entradas y salidas se designan según se indica a continuación:

Conexión	Designación numérica	Designación con literal
Alimentación de aire comprimido	1	P
Salida de trabajo	2 y 4	A, B, C
Escape de aire	3 y 5	R, S, T
Conexiones de mando	12 y 14	X, Y, Z

## Válvulas distribuidoras

Simbólicamente las válvulas distribuidoras y sus accionamientos se representan de la siguiente manera.

Válvulas distribuidoras			
Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
Válvula distribuidora de 2/2 2 vías y 2 posiciones Cerrada en posición normal		Válvula distribuidora de 4/2 4 vías y 2 posiciones	
Válvula distribuidora de 2/2 2 vías y 2 posiciones Abierta en posición normal		Válvula distribuidora de 4/3 4 vías y 3 posiciones Cerrada en posición neutra o de reposo	
Válvula distribuidora de 3/2 3 vías y 2 posiciones Cerrada en posición normal		Válvula distribuidora de 4/3 4 vías y 3 posiciones Abierta en posición neutra o de reposo	
Válvula distribuidora de 3/2 3 vías y 2 posiciones Abierta en posición normal		Válvula distribuidora de 5/2 5 vías y 2 posiciones	

Válvula distribuidora de 3/3 3 vías y 3 posiciones Cerrada en posición neutra o de reposo		Válvula distribuidora de 5/3 5 vías y 3 posiciones Cerrada en posición neutra o de reposo	
---	--	---	--

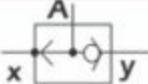
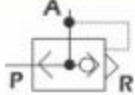
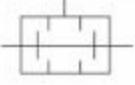
Medios de accionamiento		
Tipo de accionamiento	Descripción	Símbolo
Accionamiento directo por fuerza muscular.	Pulsador general o de corredera	
	Accionamiento de pulsador	
	Accionamiento de palanca	
	Accionamiento de pedal	
	Accionamiento de tirador	

Accionamiento directo por fuerza mecánica.	Accionamiento por leva	
	Accionamiento por rodillo	
	Accionamiento por rodillo abatible	
	Accionamiento por muelle o resorte, generalmente para retorno.	
Accionamiento neumático a distancia	Accionamiento por presión.	
	Accionamiento por depresión.	
	Accionamiento por presión diferencial.	
Accionamiento eléctrico a distancia.	Accionamiento por bobina o electroimán	
	Accionamiento por electroimán y servo mando neumático (Servopilotaje de presión)	
	Accionamiento por electroimán y servo mando neumático (Servopilotaje de depresión)	
	Accionamiento por electroimán y servo mando neumático, accionamiento manual auxiliar	

## Válvulas de bloqueo

Otro grupo importante de válvulas, son las válvulas de bloqueo, este tipo de válvulas hacen parte del grupo de procesamiento de señales y se caracterizan porque en función de la(s) señal(es) que reciban, permiten el paso o bloquean el paso de aire.

En la siguiente tabla se simbolizan las válvulas que pertenecen a este grupo.

Válvulas de bloqueo	
Descripción	Símbolo
Válvula antiretorno	
Válvula selectora	
Válvula antiretorno con estrangulación	
Válvula de escape rápido	
Válvula de simultaneidad	

En los planos neumáticos también es común encontrar válvulas reguladoras de presión y válvulas reguladoras de caudal, a continuación, se muestran los símbolos característicos de dichas válvulas.

## Válvulas reguladoras de presión

Las válvulas reguladoras de presión tienen la misión de limitar los niveles de presión en el sistema o de realizar aperturas a un circuito determinado en función del nivel de presión presente en una línea de sistema.

Válvulas reguladoras de presión			
Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
Válvula limitadora de presión		Válvula reguladora de presión	
Válvula de secuencia		Válvula reguladora de presión con escape	

## Válvulas reguladoras de caudal

Válvulas reguladoras de caudal			
Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
Válvula de estrangulación		Válvula de estrangulación regulable	
Válvula de diafragma		Válvula de estrangulación regulable con rodillo y retorno por muelle	

Las válvulas reguladoras de caudal como su nombre lo indican tiene la función de limitar el caudal o flujo de aire por el circuito, lo que en proximidades de un actuador implicará una variación en la respuesta o velocidad de actuación del mismo.

### *Símbolos del grupo de actuadores*

En el último grupo de elemento presente en un plano neumático, se encuentran los elementos actuadores. Estos son elementos productores de trabajo y su misión es la de generar movimiento rectilíneo en el caso de los cilindros o movimiento rotacional en el caso de los motores neumáticos.

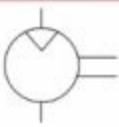
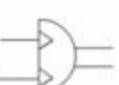
## Cilindros

En el caso de los cilindros se limitan a movimientos lineales subdivididos en la carrera de avance y de retroceso. En la siguiente tabla se incluyen las representaciones gráficas de los diferentes tipos de cilindros neumáticos.

Cilindros			
Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
Cilindro de simple efecto y retorno por muelle.		Cilindro de doble efecto y doble vástago.	
Cilindro de doble efecto.		Cilindro de doble efecto y con amortiguación en los finales de carrera.	

## Motores

Los motores neumáticos generan movimiento rotacional, este tipo de movimiento se puede transmitir por medio de ejes y es ideal donde un motor de combustión interna contamina el proceso o se prohíba la presencia de gases de escape que contaminen la atmósfera. Los símbolos más comunes de este tipo de motores se muestran a continuación.

Motores neumáticos			
Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
Motor neumático de caudal constante y con un sentido de giro.		Motor neumático de caudal variable y con dos sentidos de giro.	
Motor neumático de caudal variable y con un sentido de giro.		Actuador giratorio limitado.	

En los planos neumáticos muy complejos se pueden añadir listas de elementos que simplifican el esquema y se pueden incluir codificaciones que identifiquen los elementos. En la lista de elementos se puede incluir la cantidad de elementos, el tipo y detalles relacionados con la marca o referencia. La lista de elementos debe ser semejante a la lista de piezas de un plano de conjunto de una máquina o dispositivo mecánico.

## Metrología

Necesidad e importancia de las mediciones Metrología (metrón = medida, logos = tratado).

De acuerdo con sus raíces la metrología está relacionada con todas las actividades del ser humano.

Metrología es la ciencia de las mediciones y es la base del desarrollo científico y tecnológico de la civilización.

- Proporciona una nueva forma de ver las cosas.
- La metrología siempre está en expansión.
- La tecnología actual no podría ser creada sin la metrología.
- Durante mucho tiempo siempre ha sido preocupación del hombre establecer un sistema único de unidades de medición, que fuera reconocido internacionalmente en virtud como una norma.

Y fijar especificaciones tales como:

- Dimensiones.
- Tolerancias.
- Condiciones específicas para un método de prueba.

### *Bosquejo histórico*

- Unidades antiguas.
- Pie.
- Duim pulgar
- Dedo dedo
- Pouse pulgar
- Milla 60 estadios
- Estadios 60x12 codos
- 1 cupito 30 dedos
- Cupito significa codo 500mm.
- Un estadio = 2 minutos = 185 a 195 metros. En el oriente china oshiki (1000 a.c.).
- Shaku = 10 sungs.
- 1 sung = 10 minutos.

-Demócrito: teoría incompleta acerca de la variedad de formas atómicas.

-Pitágoras: estudio del sonido, matemáticas y astronomía.

La metrología de acuerdo a su función la podemos clasificar en:

- × Metrología legal
- × Metrología científica
- × Metrología industrial

### *Metrología legal*

Tiene como función, la de establecer el cumplimiento de la legislación metrológica oficial como:

La conservación y empleo de patrones internacionales.

1. Laboratorios Primarios.

2. Laboratorios Secundarios.

- Mantener laboratorios oficiales que conserven la preferencia de los patrones.

### *Metrología científica*

Es aquella que no está relacionada con los servicios de calibración que se hacen en la industria y el comercio, su función radica en la búsqueda y la materialización de los patrones internacionales, para que estos sean más fáciles de reproducir a nivel internacional.

- Encontrar patrones adecuados.
- Seguir analizando el sistema internacional de unidades.
- Función que realizan los laboratorios autorizados oficiales y privados.

### *Metrología industrial*

Compete a los laboratorios autorizados, su función es:

- Dar servicios de calibración de patrones
- Ya sea en la industria la investigación y el comercio.

*Enlaces de Metrología, normalización y evaluación de la conformidad*

- Institutos Nacionales de Metrología
- Laboratorios Primarios Internacionales en el Área de Química
- Organizaciones Internacionales de Metrología
- Otras Organizaciones de Metrología
- Organizaciones Internacionales de Acreditación
- Entidades de Acreditación
- Organismos Nacionales de Normalización
- Organizaciones Internacionales de Normalización
- Organizaciones Internacionales de Metrología Legal

### *Organizaciones Internacionales de Metrología*

BIPM “Bureau International des Poids et Mesures” (International).

APMP “Asia - Pacific Metrology Programme” (Asia – Pacífico).

COOMET “Euro - Asian Cooperation of National Metrological Institutionals” (Europa –Asia).

EURAMET “European Association of National Metrology Institutes” (Europa).

SADCMET “South African Community Cooperation in Measurement Traceability” (Sudáfrica).

SCC “Standards Council of Canada” (Canadá).

SIM “Sistema Interamericano de Metrología” (Internacional).

### *Errores en las mediciones*

Al hacer mediciones, las lecturas que se obtienen nunca son exactamente iguales, aun cuando las efectúe la misma persona, sobre la misma pieza, con el mismo instrumental el mismo método y en el mismo ambiente (repetitividad); si las mediciones las hacen diferentes personas con distintos instrumentos o métodos o en ambientes diferentes, entonces las variaciones en las lecturas son mayores (reproducibilidad).

Esta variación puede ser relativamente grande o pequeña, pero siempre existirá.

### *Clasificación de errores en cuanto a su origen*

Atendiendo al origen donde se produce el error, puede hacerse una clasificación general de éstos en: errores causados por el instrumento de medición, causados por el operador o el método de medición (errores humanos) y causados por el medio ambiente en que se hace la medición.

### *Errores por el instrumento o equipo de medición*

Las causas de errores atribuibles al instrumento, pueden deberse a defectos de fabricación (dado que es imposible construir aparatos perfectos). Éstos pueden ser deformaciones, falta de linealidad, imperfecciones mecánicas, falta de paralelismo, etcétera.

### *Errores por el instrumento o equipo de medición*

Las causas de estos errores atribuibles al instrumento, pueden deberse a defectos de fabricación (dado que no se pueden construir instrumentos perfectos). Estos pueden ser:

- Deformaciones
- Falta de linealidad
- Imperfecciones mecánicas
- Falta de paralelismo

### *Errores del operador o por el método de medición*

Muchas de las causas del error aleatorio se deben al operador, por ejemplo:

- Falta de agudeza visual
- Descuido
- Cansancio
- Alteraciones emocionales

Para reducir este tipo de errores es necesario adiestrar a los operadores.

El operador debe conocer y controlar los errores mencionados anteriormente.

### *Error por el uso de instrumentos no calibrados*

Instrumentos no calibrados o cuya fecha de calibración esta vencida, así como instrumentos sospechosos de presentar alguna anomalía en su funcionamiento no deben utilizarse para realizar mediciones hasta que no sean calibrados y autorizados para su uso.

### *Error por la fuerza ejercida al efectuar mediciones*

La fuerza ejercida al efectuar mediciones puede provocar deformaciones en la pieza por medir, el instrumento o ambos, por lo tanto, es un factor importante que debe considerarse para elegir adecuadamente el instrumento de medición.

### *Error por instrumento inadecuado*

Antes de realizar cualquier medición es necesario determinar cuál es el instrumento o equipo de medición más adecuado para la aplicación que se trate.

- Cantidad de piezas por medir.
  - Tipo de medición (externa, interna, altura, profundidad, etc).
  - Tamaño de la pieza y exactitud deseada.
- 
1. Calibradores vernier-medidor de alturas.
  2. Calibradores-medidores de altura-indicadores de caratula.
  3. Micrómetros de interiores y exteriores.
  4. Micrómetros de exteriores con escala vernier- medidor de agujeros-indicador de caratula.
  5. Calibrador de indicadores.

### *Error por puntos de apoyo*

Especialmente en los instrumentos de gran longitud, la manera como se apoya el instrumento provoca errores de lectura. En estos casos deben utilizarse puntos de apoyo especiales, como los puntos Airy o los puntos Bessel. Para ciertas piezas resulta muchas veces conveniente indicar la localización de puntos o líneas donde se deben apoyar la posición del instrumento.

### *Errores por método de sujeción del instrumento*

El método de sujeción del instrumento puede causar errores como los que se muestra en la siguiente figura. En esta un indicador de caratula está sujeto a una distancia muy grande del soporte y al hacer la medición la fuerza ejercida provoca una desviación del brazo.

### *Error por distorsión*

Gran parte de la exactitud que causa la distorsión de un instrumento, puede evitarse manteniendo en mente la ley de Abbe: “La máxima exactitud de medición es obtenida si el eje de medición es el mismo del eje del instrumento”.

Aquí se ilustra cómo algunos instrumentos satisfacen la ley de Abbe, mientras que otros como el calibrador vernier no.

### *Error de paralaje*

Este error ocurre debido a la posición incorrecta del operador con respecto a la escala graduada del instrumento de medición, la cual está en un plano diferente.

### *Error de posición*

Este error provoca la colocación incorrecta de las caras de medición de los instrumentos, con respecto a las piezas por medir.

### *Error por desgaste*

Los instrumentos de medición como cualquier otro objeto son susceptibles de desgaste, natural por el uso. Estos pueden provocar una serie de errores durante su utilización, por ejemplo:

- Deformaciones de sus partes.
- Juego entre sus ensambles.
- Falta de paralelismo.
- Provocando decisiones equivocadas.

## *Error por condiciones ambientales*

### *Humedad*

Debido a los óxidos que se pueden formar por humedad excesiva en las caras de medición. Se establece una norma de humedad relativa de 55% +/-10%.

### *Polvo*

Los errores debido al polvo o mugre se observan con mayor frecuencia de lo esperado, en algunos casos alcanzar a superar los 3 micrómetros.

## *Temperatura*

En mayor o menor grado todos los materiales metálicos están expuestos a variaciones longitudinales debido a los cambios de temperatura.

Para minimizar estos errores se estableció internacionalmente, desde 1932, como una norma una temperatura de 20°C. para efectuar mediciones.

Estas variaciones pueden determinarse utilizando la siguiente formula.

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$\Delta L$ = variación de longitud

$\alpha$ = coeficiente de expansión térmica del material

$L_0$ = longitud original de la pieza

$\Delta T$ = variación de la temperatura.

Como ejemplo, considérese una pieza de acero que mide 100.000 mm de diámetro cuando está a 10°C y se desea saber cuánto medirá a la temperatura de referencia de 20°C.

Para determinarlo basta utilizar la expresión dada.

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\Delta L = (0.0000115)(100.000mm)(10^{\circ}C)$$

$$\Delta L = 0.0115mm$$

Por lo que el diámetro de la pieza a 20°C será de 100.0115 mm.

## Ejercicios:

Con piezas de 100.000mm

Hierro fundido 80°C

Acero al carbono 14°C

Acero al cromo 34°C

Acero al Ni-Cr 90°C

Cobre 20°C

Bronce 15°C

Platino 50°C

Aluminio -13°C

Latón -3°C

Níquel 12°C

Hierro 25°C

Acero níquel (58% Ni) 11°C

Polietileno 45°C

Al hacer mediciones, las lecturas que se obtienen nunca son exactamente iguales:

- Aun cuando las efectúe la misma persona.
- Sobre la misma pieza.
- Con el mismo instrumento.
- El mismo método.
- En el mismo ambiente (repetitividad).

Si las mediciones las hacen diferentes personas con distintos instrumentos o métodos o en ambientes diferentes, entonces las variaciones en las lecturas son mayores (reproducibilidad).

Esta variación puede ser relativamente grande o pequeña, pero siempre existirá.



### *Medida del error*

En una serie de lecturas sobre una misma dimensión constante, la inexactitud o incertidumbre es la diferencia entre los valores máximo y mínimo obtenidos.

$$\text{Incertidumbre} = \text{valor máximo} - \text{valor mínimo}$$

El error absoluto es la diferencia entre el valor leído y el valor convencionalmente verdadero correspondiente.

$$\text{Error absoluto} = \text{valor leído} - \text{valor convencionalmente verdadero}$$

Por ejemplo, un remache cuya longitud es 5.4 mm y se mide cinco veces sucesivas, obteniéndose las siguientes lecturas:

- 5.5 mm
- 5.6 mm
- 5.5 mm
- 5.6 mm
- 5.3 mm

La incertidumbre será:

$$\text{Incertidumbre} = 5.6 - 5.3 = 0.3 \text{ mm}$$

Los errores absolutos de cada lectura serían

- $5.5 - 5.4 = 0.1 \text{ mm};$
- $5.6 - 5.4 = 0.2 \text{ mm};$
- $5.5 - 5.4 = 0.1 \text{ mm}$
- $5.6 - 5.4 = 0.2 \text{ mm},$
- $5.3 - 5.4 = -0.1 \text{ mm}$

El error relativo es el error absoluto entre el valor convencionalmente verdadero.

Y el error absoluto es igual a la lectura menos el valor convencionalmente verdadero entonces:

$$\text{error relativo} = \frac{\text{error absoluto}}{\text{valor convencionalmente verdadero}}$$

Y como el error absoluto es igual a la lectura menos el valor convencionalmente verdadero, entonces:

$$\text{error relativo} = \frac{\text{valor leido} - \text{valor convencionalmente verdadero}}{\text{valor convencionalmente verdadero}}$$

Con frecuencia, el error relativo se expresa en porcentaje multiplicándolo por cien.

En el ejemplo anterior los errores relativos serán:

- $0.1/5.4 = 0.0185 = 1.85\%$
- $0.2/5.4 = 0.037 = 3.7\%$
- $0.1/5.4 = 0.0185 = 1.85\%$
- $0.2/5.4 = 0.037 = 3.7\%$
- $-0.1/5.4 = -0.0185 = -1.85\%$

El error relativo proporciona mejor información para cuantificar el error, ya que un error de un milímetro en la longitud de un rollo de lámina y en el diámetro de un tornillo tienen diferente significado.

### *Sistema de unidades y patrones*

Prefijos del (SI) El decimoprimer Congreso General de Pesos y Medidas (1960).

Resolución 12) adoptó la primera serie de prefijos, la última serie fue aprobada en el Décimo CGPM (1991) que agregan los siguientes.

Factor	Prefijo	Símbolo
$10^{24}$	yotta	Y
$10^{21}$	zetta	Z
$10^{-24}$	yocto	y
$10^{-21}$	zepto	z

## *Equivalencias*

Fuerza	Presión
1 N = 0,101 9716 Kgf	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
1 daN = 1, 019 716 Kgf	10 <sup>2</sup> kPa = bar = 1,019 716 kgf/cm <sup>2</sup>
1 Kgf = 9,806 65 N	10 Mpa = hbar = 1,019 716 kgf/mm <sup>2</sup>

## *Sistema inglés*

1 metro = 39.37 pulgadas  
1 libra-masa = 453.59237 gramos  
1 pulgada = 2.54 centímetros  
12 pulgadas = 1 pie  
3 pies = 1 yarda  
5½ yardas = 1 vara (varilla)  
40 varas = 1 furlong  
8 furlongs = 1 milla  
1 milla = 1609.34 metros

1 ohm internacional = 1.00049 ohms absolutos  
1 volt internacional = 1.000330 volts absolutos  
1 ampere internacional = 0.99835 ampere absoluto

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.67$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 ^{\circ}\text{C} + 32.0$$

*L* = longitud

*M* = masa

*F* = fuerza

*t* = tiempo

*T* = temperatura

## *Calibración y certificación*

### *Calibración*

- El conjunto de operaciones que tiene por finalidad determinar los errores de un instrumento para medir y, de ser necesario, otras características metrológicas.

### *Certificación*

- Procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas o lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacionales o internacionales.

El Centro Nacional de Metroología ofrece servicios de calibración de la más alta calidad metrológica a los distintos sectores económicos como apoyo a sus esfuerzos por alcanzar una mejor calidad en sus productos y servicios que resulten en beneficio de la sociedad.

- Todas las calibraciones realizadas por el CENAM son trazables a Patrones Nacionales desarrollados conforme a los lineamientos establecidos por la Conferencia General de Pesas y Medidas y soportados por sistemas de calidad aplicados a equipos y métodos que el CENAM mantiene en forma estricta.

Se puede consultar el catálogo de servicios de calibración de acuerdo a las siguientes áreas:

- Metrología Eléctrica
- División de Mediciones electromagnéticas
- División de Termometría
- División de Tiempo y Frecuencia
- Metrología Física

- División de Vibraciones y Acústica
- División de Óptica y Radiometría

*Metrología de materiales*

División de Materiales Cerámicos

División de Materiales Orgánicos

División de Materiales Metálicos

### *Metrología mecánica*

- División de Flujo y Volumen
- División de Fuerza y Presión
- División de Masa y Densidad
- División de Dimensional

### *Ejemplo de calibradores*

- Los calibradores o calibradores de procesos sirven básicamente en la técnica de medición, control y regulación para el ajuste y la verificación en instalaciones de control e instrumentación.

La imagen muestra uno de los calibradores de procesos calibrando un termómetro infrarrojo.



### *Uso de certificados de calibración*

- El resultado de una calibración es la relación entre las lecturas de un instrumento y los valores indicados por un patrón. Es posible que estos instrumentos, una vez calibrados, se usen para calibrar otros, en cuyo caso los instrumentos calibrados tendrán a su vez la función de patrones.

### *Contenido de los certificados*

- El contenido de los certificados de calibración está prescrito en la cláusula 5.10 de la norma NMX-17025-IMNC:2000 [1], que, en términos generales, incluye:
  - a. La identificación del instrumento bajo calibración.
  - b. La identificación del poseedor del instrumento.
  - c. La información sobre los errores y sus incertidumbres puede presentarse en forma de tablas, gráficas o ecuaciones.

## *Instrumentos de medición mecánicos*

### *Instrumentos básicos*

#### *Flexómetro*

Generalmente, el primer contacto con un instrumento de medición de longitud será con una cinta, un flexómetro (longímetro) o una regla. lo que dependerá de la longitud que se desee medir.

### *Regla graduada*

Se emplea cuando hay que tomar medidas rápidas y cuando no es necesario un alto grado de exactitud.

Las reglas de acero, en pulgadas, están graduadas en fracciones o decimales:

- a) Regla rígida de acero templado. Generalmente tiene cuatro escalas, dos en cada lado; se fabrican en diferentes longitudes, la más común es de 6 pulgadas o 150mm.
- b) Regla flexible, similar a la anterior pero más estrecha y delgada, lo que permite flexionarla, dentro de ciertos límites, para realizar lecturas donde la rigidez de la regla de acero templado no permite la medición adecuada.

## *Instrumentos especiales*

### *Lainas (medidores de espesor)*

Estos medidores consisten en láminas delgadas que tienen marcado su espesor y que son utilizadas para medir pequeñas aberturas o ranuras.

El método de medición consiste en introducir una laina dentro de la abertura si entra fácilmente se prueba con la mayor siguiente disponible, si no entra vuelve a utilizarse la anterior.

### *Patrones de radios*

Estos patrones consisten en una serie de láminas juego) marcadas en mm (fracciones o decimales de pulgada) con los correspondientes radios cóncavos y convexos, formados en diversas partes de la lámina.

La inspección se realiza determinando qué patrón se ajusta mejor al borde redondeado de una pieza; generalmente los radios van de 1 a 25 mm (1/32 a  $\frac{1}{2}$  pulg. o .020 a .400 pulg.) en pasos de 0.5 mm.

El cuerpo del patrón tiene grabadas indicaciones sobre el tamaño de broca recomendable para un tamaño de rosca determinado.

Esta característica permite elegir rápidamente la broca adecuada.

Los cuentahílos consisten de una serie de láminas que se mantienen juntas mediante un tonillo en un extremo, mientras que el otro tiene salientes que corresponden a la forma de rosca de varios pasos (hilos por pulgada); los valores están indicados sobre cada lámina.

## *Compases*

Antes de que instrumentos como el calibrador vernier fueran introducidos, las partes eran medidas con compases (interiores, exteriores, divisores) y reglas. Por ejemplo, para medir un diámetro exterior la parte es puesta entre las puntas del compás y luego las puntas del compás son colocadas sobre una regla para transferir la lectura.

### *Calibres telescópicos*

Los calibres telescópicos sirven para la medición de diámetros de agujeros o anchos de ranuras.

Las dos puntas de contacto se expanden mediante la fuerza de un resorte.

Una vez colocadas en la posición adecuada se fijan y se remueve el calibre.

El tamaño final puede obtenerse midiendo sobre las puntas de contacto de con un micrómetro.

### *Calibres angulares*

Estos calibres cuentan con láminas que tienen diferentes ángulos para cubrir las necesidades de medición de chaflanes externos o internos, inspección de ángulos de ruedas de esmeril o cortadores.

En el juego mostrado se tienen  $25^\circ$  a  $45^\circ$ , con incrementos de  $2.5^\circ$  (semiángulos); de  $5^\circ$  a  $90^\circ$ , con incrementos de  $5^\circ$  (ángulos), y de  $90^\circ$  a  $175^\circ$ , con incrementos de  $5^\circ$  (ángulos complementarios).

## *Máquinas para medición lineal*

### *Calibradores vernier*

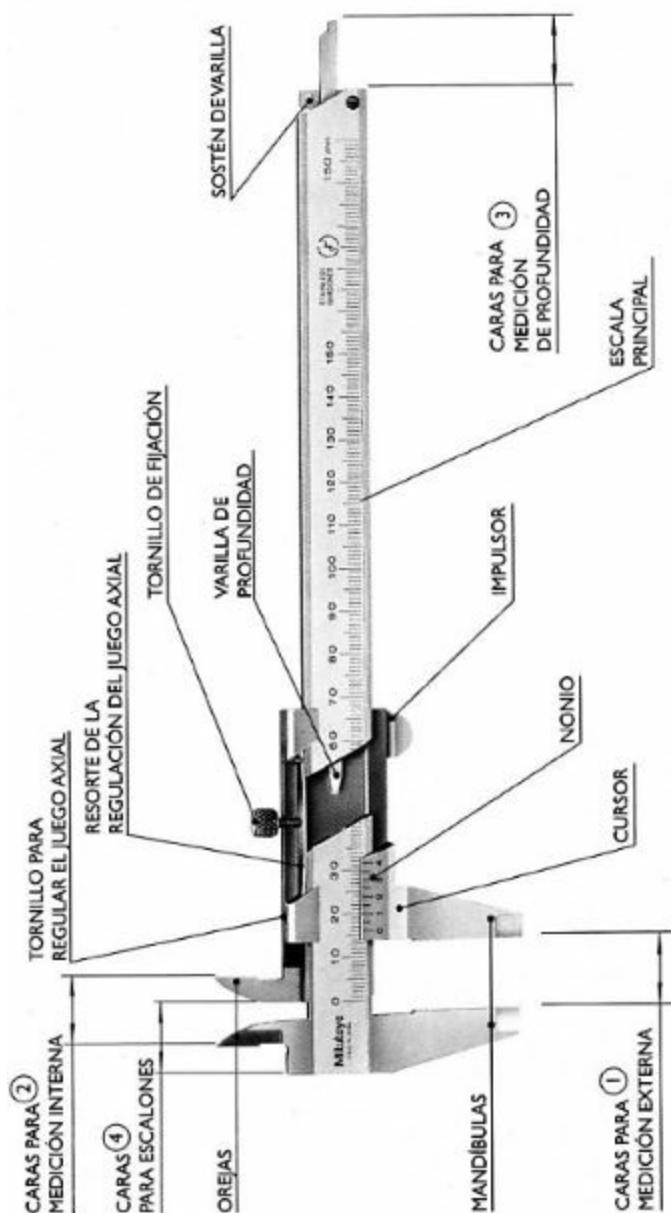
#### *Introducción*

La escala vernier la inventó Petrus Nonius (1492-1577), matemático portugués por lo que se le denominó nonio.

El diseño actual de la escala deslizante debe su nombre al francés Pierre Vernier (1580-1637), quien la perfeccionó.

El calibrador vernier fue elaborado para satisfacer la necesidad de un instrumento de lectura directa que pudiera brindar una medida fácilmente, en una sola operación.

El calibrador típico puede tomar tres tipos de mediciones: exteriores, interiores y profundidades, pero algunos además pueden realizar medición de peldaño.



Partes de un calibre

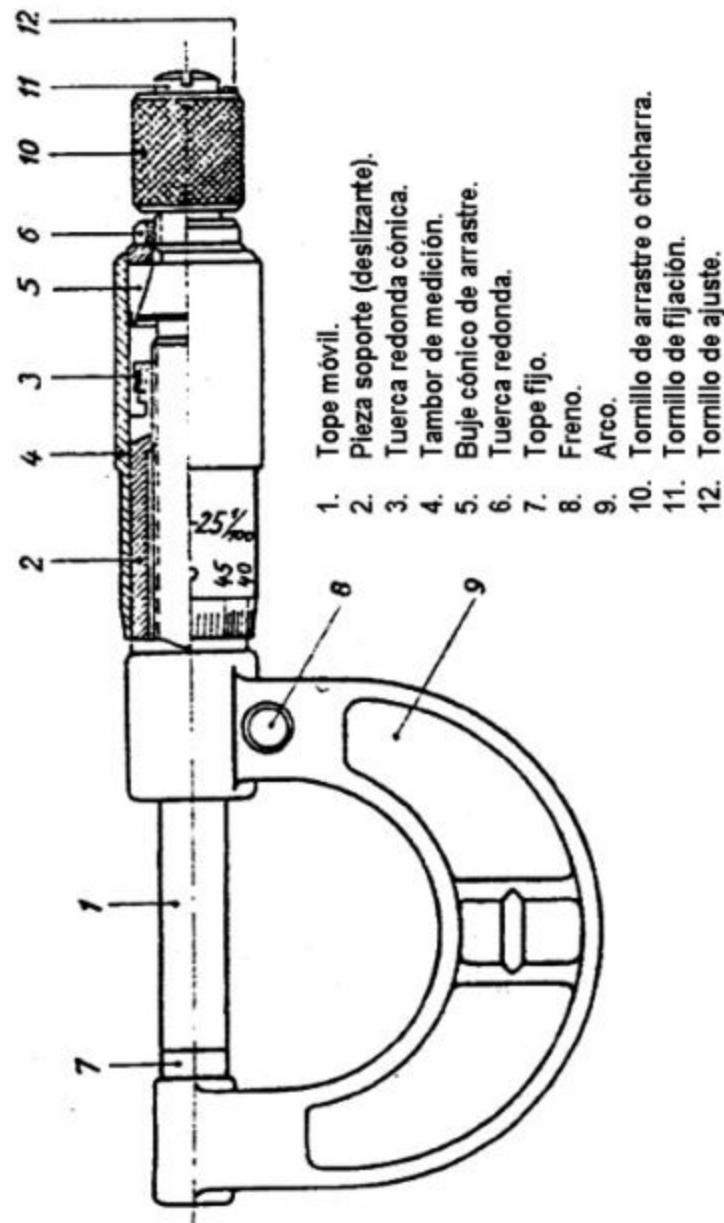
### *Micrómetro o Palmer*

El micrómetro (del griego micros, pequeño, y metros, medición), también llamado Tornillo de Palmer. Fue inventado por William Gascoigne en el siglo XVII, como una mejora del calibrador vernier, y se usó en un telescopio para medir distancias angulares entre estrellas. En 1841, el francés Jean Laurent Palmer lo adaptó para la medición de objetos manufacturados. El micrómetro fue introducido al mercado anglosajón en 1867 por la compañía Brown & Sharpe. En 1888 Edward Williams Morley incorporó la escala del nonio, lo cual mejoró la exactitud del instrumento.

### *Tipos de medidas*

El micrómetro es un dispositivo usado en ingeniería mecánica, para medir con precisión grosor, medidas internas, externas y profundidades. Los micrómetros tienen ventajas respecto a otros instrumentos de medida como el vernier: son fáciles de usar y sus lecturas son consistentes. Existen tres clases de micrómetros basados en su aplicación.

- Micrómetro interno
- Micrómetro externo
- Micrómetro de profundidad.



## Partes del micrómetro

### *Uso del Micrómetro*

La escala se divide en dos partes, una horizontal y otra vertical, la primera mide de 0.5 mm en 0.5 mm. la escala vertical mide centésimas de milímetro, una vuelta completa del maneral o manguito significa medio milímetro, como está dividido de 0 a 50, cada rayita significa una centésima de milímetro.



## **Tolerancias**

*Introducción*

## *Evolución tecnológica*

- × Necesidad de piezas más precisas.
- × Creación de normas.
- × Estandarización de las mismas.

Las tolerancias permiten generar piezas estandarizadas para enlazar unas con otras y generar conjuntos, mecanismos, más complejos.

También permiten sustituir las piezas deterioradas por unas nuevas que cumplan las características adecuadas para que las máquinas funcionen correctamente.

Tolerancia: Es el espacio permisible de variación, en la dimensión nominal o el valor especificado de una pieza manufacturada.

El propósito de una tolerancia es especificar un margen para las imperfecciones en la manufactura de una parte o un componente.

La fabricación en serie de elementos mecánicos se basa en el principio de intercambiabilidad entre elementos con las mismas especificaciones.

No es posible conseguir dimensiones exactas.

Dos piezas nunca serán exactamente iguales, por variaciones en las máquinas o en los procesos de fabricación, materiales, etc.

En la práctica, lo importante es que las piezas cumplan su función, por esto se aceptan variaciones dentro de un intervalo.

## *Tipos de tolerancias*

Tolerancias dimensionales: afectan a las medidas de una cota de la pieza

Tolerancias geométricas: afectan a la forma y posición de la geometría de la pieza.

Las tolerancias dimensionales fijan un rango de valores permitidos para las cotas funcionales de una pieza y afectan sólo a las dimensiones de la misma.

Cotas funcionales: cota que tiene una importancia esencial en la función o funciones asignadas a una pieza.

Se usan los términos eje y agujero, cuando se trata de una pareja de elementos que encajan entre sí, independientemente de la forma de la sección, aunque la mayoría está formada por elementos cilíndricos, pero no tienen por qué ser de revolución.

Por convenio, las variables y definiciones relativas a ejes se representan con minúsculas y todas las relativas a agujeros con mayúsculas.

## *Definiciones*

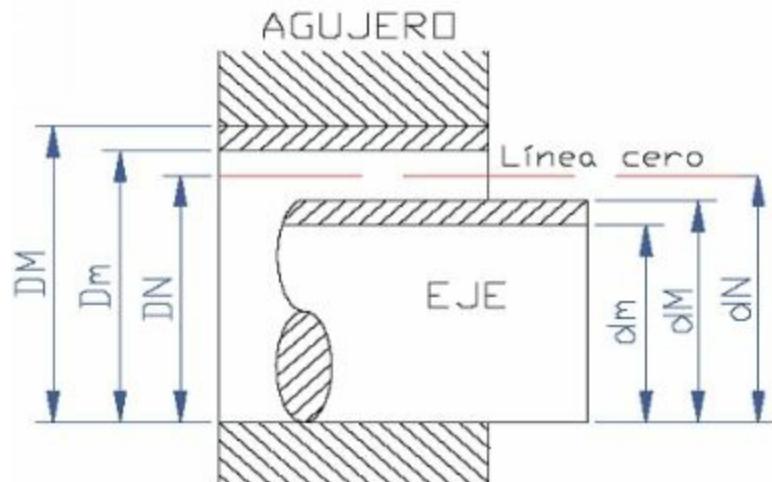
Dimensión: cifra que expresa el valor numérico de una longitud o un ángulo

Dimensión nominal: valor teórico que tiene una dimensión, respecto al que se consideran las medidas límites (eje:  $d_N$ , agujero:  $DN$ ).

Dimensión efectiva: valor real de una dimensión que es determinada midiendo sobre la pieza ya construida (eje:  $de$ , agujero:  $DE$ ).

Dimensiones límites: valores extremos que puede tomar la dimensión efectiva (máxima en ejes:  $d_M$ , o en agujeros:  $DM$ ; mínima en ejes  $d_m$ , o en agujeros  $Dm$ ).

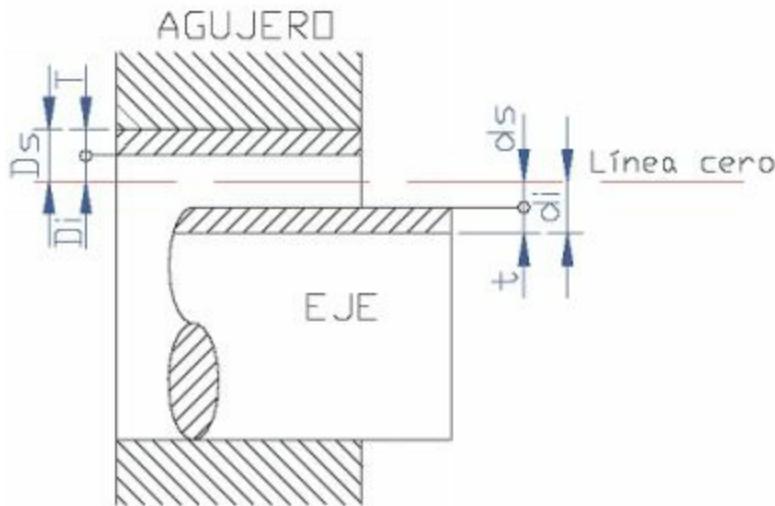
Línea cero: línea recta que sirve de referencia para las diferencias y que corresponde a la dimensión nominal.



*Diferencia efectiva: diferencia entre la medida efectiva y la nominal*

-Diferencia superior o inferior (ejes: ds, di; agujeros: Ds, Di): es la diferencia entre la dimensión máxima/mínima y la dimensión nominal correspondiente.

$$\begin{aligned} Ds &= DM - DN \\ Di &= Dm - DN \end{aligned}$$



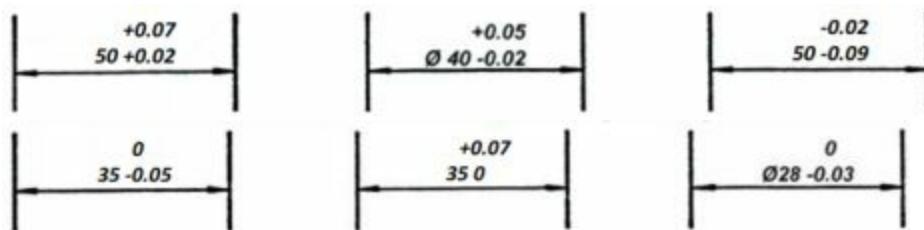
-Tolerancia: es la variación máxima que puede tener la medida de la pieza (ejes: t, agujeros: T)

$$\begin{aligned} T &= Ds - Di \\ T &= DM - Dm \end{aligned}$$

Las tolerancias dimensionales se pueden representar de varias formas.

Con su medida nominal seguida de las desviaciones límites.

Se anota la diferencia superior en la parte alta y la diferencia inferior en la parte baja, ya se trate de un agujero como de un eje.



Si la tolerancia es simétrica respecto a la medida nominal solo se anota el valor de la diferencia, precedido del signo  $\pm$



En casos especiales, la tolerancia se indica con las dos medidas límites y si la medida está limitada solo en un sentido, la tolerancia se representa colocando la palabra “Min” o “Max”, detrás de la medida.

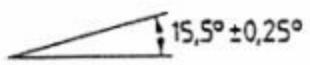
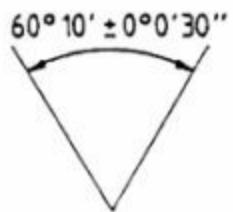
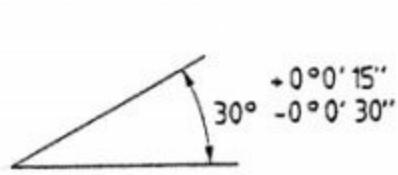


Cuando, por necesidades de fabricación u otras causas, se deben poner las diferencias en otras unidades diferentes al milímetro, las cifras se acompañan de la unidad correspondiente.

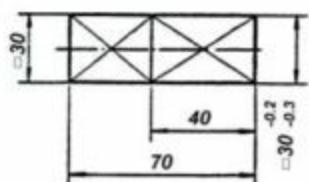
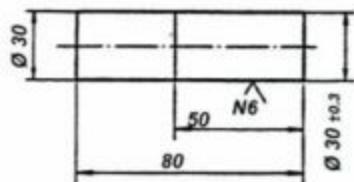
Si es la misma unidad para todas las diferencias del dibujo, esto se indicará en una nota general colocada en la proximidad del recuadro de inscripción.

Las anteriores notaciones se aplican también a las

medidas angulares.



Se expresan las dos desviaciones con el mismo número de decimales, salvo en el caso de que una de las dos desviaciones sea nula. En el caso de que la tolerancia afecte solamente a una parte de la pieza, se debe determinar su alcance.

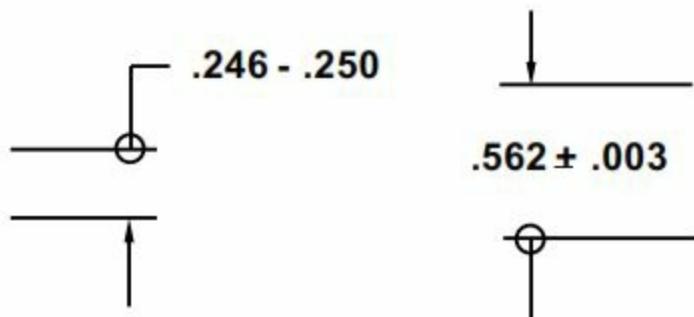


## *Representación de las tolerancias*

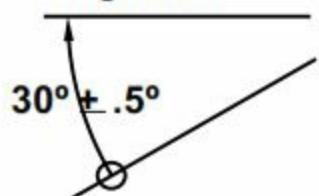
Los límites de la desviación pueden fijarse respecto a un origen, sustituyendo la punta de flecha por un pequeño círculo, donde se cruza la línea de cota y la auxiliar de cota.

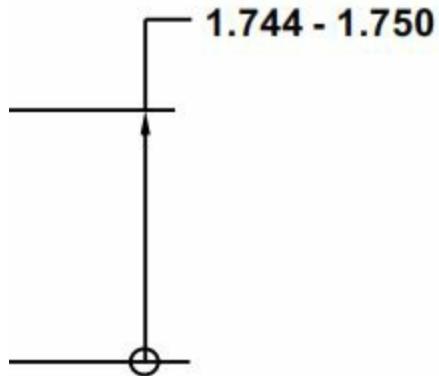
Este tipo de representación de tolerancias es sumamente importante cuando la forma, orientación o función resultante de una característica depende de su relación con otra propiedad de la pieza a representar.

A pesar de que esta notación no es muy utilizada, el concepto es muy importante para la posterior definición de las tolerancias geométricas.



**Dimensiones angulares**





Si la tolerancia se indica a partir de un origen distinto, la interpretación de la misma es diferente.

Dibujo	Interpretación
<p>1.250±.007</p> <p>A technical drawing of a part with a dimension line. The dimension line starts from a central point (indicated by a circle with a dot) and extends upwards to a top horizontal edge. The dimension value "1.250±.007" is written above the dimension line.</p>	<p>1.257 1.243</p> <p>A diagram showing the interpretation of Drawing 1. It shows a part with a top horizontal edge and a bottom horizontal edge. The distance from the central point to the top edge is labeled "1.257". The distance from the central point to the bottom edge is labeled "1.243".</p>
<p>1.250±.007</p> <p>A technical drawing of a part with a dimension line. The dimension line starts from a bottom horizontal edge and extends upwards to a top horizontal edge. The dimension value "1.250±.007" is written below the dimension line.</p>	<p>1.257 1.243</p> <p>A diagram showing the interpretation of Drawing 2. It shows a part with a top horizontal edge and a bottom horizontal edge. The distance from the bottom edge to the top edge is labeled "1.257". The distance from the central point to the bottom edge is labeled "1.243".</p>

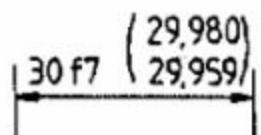
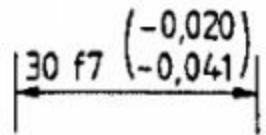
### *Representación Normalizada ISO*

En la notación normalizada ISO las medidas con tolerancia quedan definidas por tres símbolos:

### *La medida nominal (en milímetros)*

Una letra representativa de la diferencia fundamental en valor y signo que indica la posición de la zona de tolerancia (se usan letras minúsculas para ejes y letras mayúsculas para agujeros).

Un número representativo de la anchura de la zona de tolerancia (calidad de la tolerancia).



### *Calidad de las tolerancias*

El sistema de representación de tolerancias ISO considera 18 calidades para dimensiones nominales entre 0 y 500 mm. Norma UNE 4-040-81 (ISO 286 (1)-62).

*Calidades de 01 a 3 en ejes y 01 a 4 en agujeros*

Calibres y piezas de alta precisión.

Calidades de 4 a 11 en ejes y 5 a 11 en agujeros.

Piezas que van a estar sometidas a ajustes.

*Calidades superiores a 11*

Piezas aisladas que no requieren un acabado tan fino.

### *Índice de calidad*

Índice de calidad es el grupo de tolerancias que se corresponde con un mismo grado de precisión para cualquier grupo de diámetros.

La temperatura de medición adoptada es de 20°C.

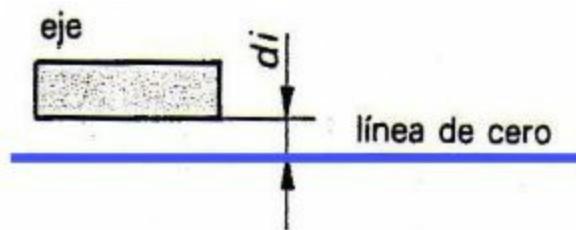
Las dimensiones de las medidas: mm.

Las dimensiones de las tolerancias y diferencias:  $\mu\text{m}$ .

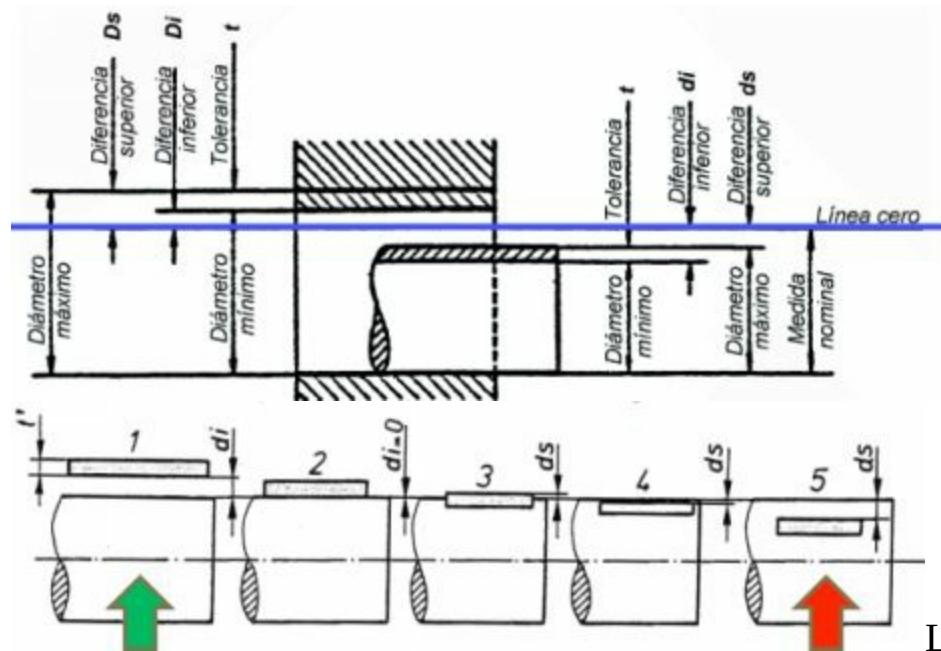
A mayor calidad de la pieza menor será su tolerancia  
(y menor el índice de calidad).

## Posición de la zona de tolerancia

La posición de la zona de tolerancia queda determinada por la distancia entre la línea de referencia (línea cero) y la línea límite de la zona de tolerancia más próxima a la línea de referencia.



La posición de la tolerancia, que se encuentre en la zona positiva, queda determinada por la diferencia inferior y la que se encuentre en la zona negativa, por la diferencia superior.



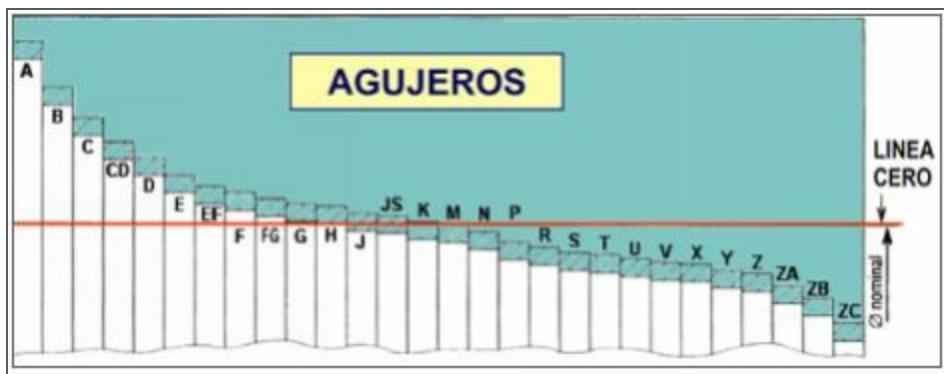
La posición de la tolerancia, que se encuentre en la zona positiva, queda determinada por la diferencia inferior y la que se encuentre en la zona negativa, por la diferencia superior.

La posición de la zona de tolerancia queda determinada en:

1. Diferencia inferior,  $di$
2. Diferencia inferior,  $di=0$
3. Diferencia superior,  $ds$
4. Diferencia superior,  $ds$
5. Diferencia superior,  $ds$

El sistema ISO define 27 posiciones diferentes respecto a la línea cero como zonas de tolerancia.

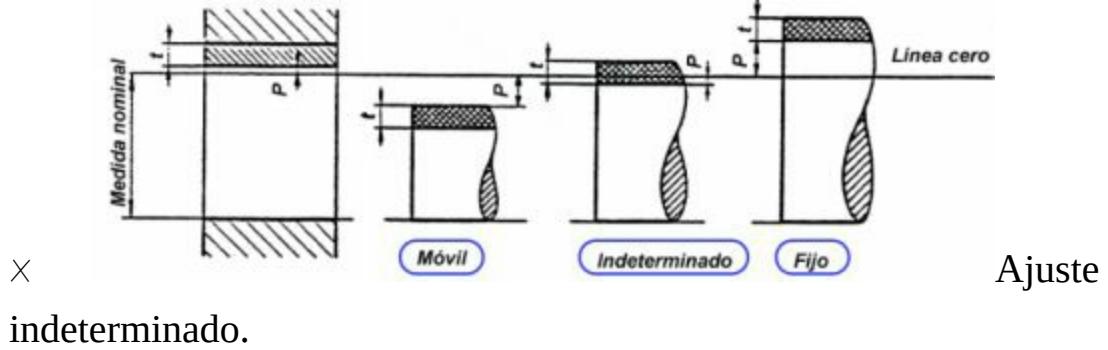
Para codificar las zonas de tolerancia se usan las letras del abecedario, las mayúsculas para los agujeros y las minúsculas para los ejes.



## Ajustes

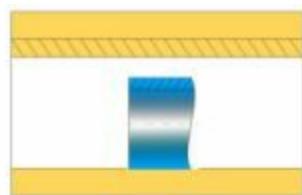
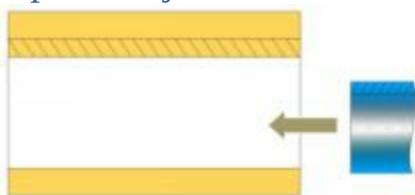
-Ajuste: Diferencia entre las medidas de dos piezas que han de acoplar, antes del montaje. Según las tolerancias de las dos piezas a acoplar, puede haber:

- × Ajuste con juego o móvil.
- × Ajuste con aprieto o fijo.



Ajuste indeterminado.

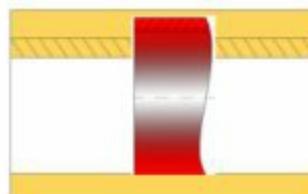
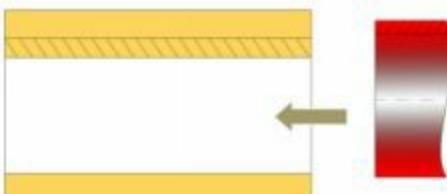
## Tipos de ajustes



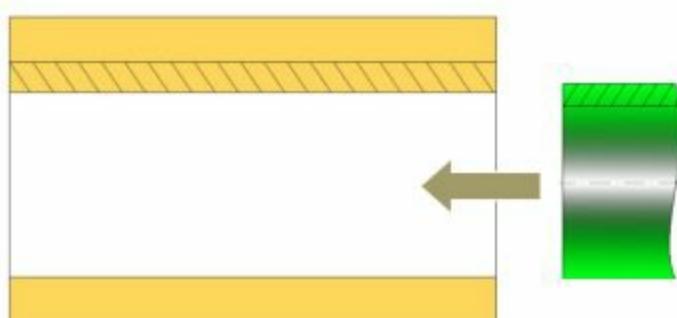
-Ajuste con juego.

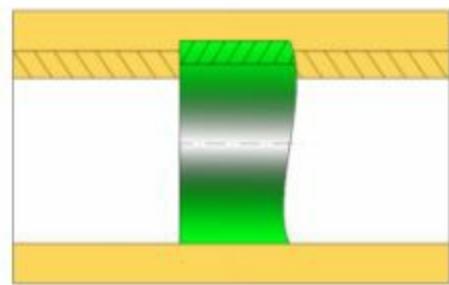
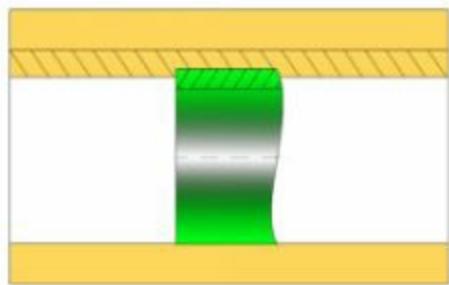
Cuando, antes de ensamblar dos piezas, la diferencia entre la medida del agujero y del eje es positiva, es decir, cuando el diámetro real del eje es inferior al diámetro real del agujero.

-Ajuste con aprieto. Cuando la diferencia, antes del montaje, entre la medida efectiva de eje y agujero es positiva, es decir, cuando el diámetro real del eje es mayor que el diámetro real del agujero.



-Ajuste indeterminado. Cuando la diferencia entre la medida efectiva de agujero y eje pueden resultar positivas o negativas, dependiendo de cada montaje concreto.





### *Ajuste con juego*

Juego máximo (JM): diferencia que resulta entre la medida máxima del agujero y la mínima del eje.

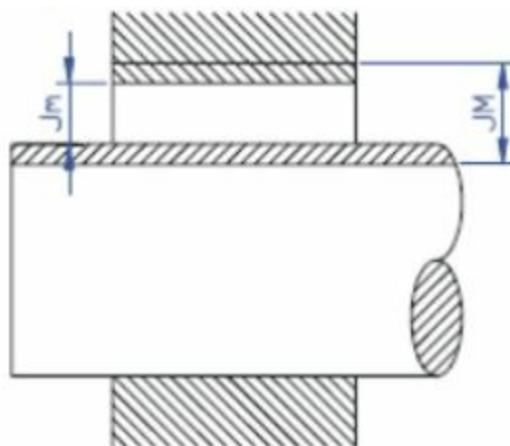
$$\mathbf{JM = DM - dm}$$

-Juego mínimo (Jm): diferencia entre la medida mínima del agujero y la máxima del eje.

$$\mathbf{Jm = Dm - dM}$$

-Tolerancia del juego (TJ): diferencia entre los juegos máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje.

$$\mathbf{TJ = JM - Jm = T + t}$$



### *Ajuste con aprieto*

-Aprieto máximo (AM): valor de la diferencia entre la medida máxima del eje y la mínima del agujero.

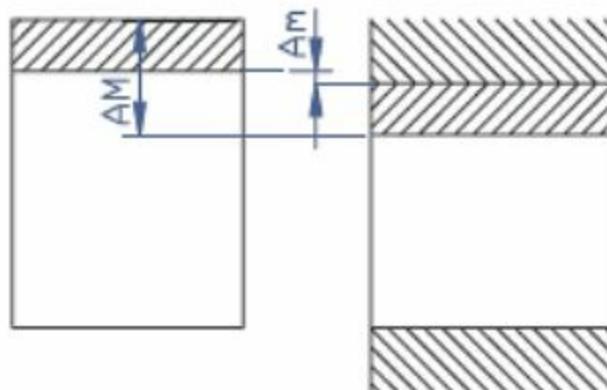
$$\mathbf{AM} = \mathbf{dM} - \mathbf{Dm}$$

-Aprieto mínimo (Am): valor de la diferencia entre la medida mínima del eje y la máxima del agujero

$$\mathbf{Am} = \mathbf{dm} - \mathbf{DM}$$

-Tolerancia del Aprieto (TA): diferencia entre los aprietos máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje.

$$\mathbf{TA} = \mathbf{AM} - \mathbf{Am} = \mathbf{T} + \mathbf{t}$$



### *Ajuste indeterminado*

-Juego máximo (JM): diferencia entre la medida máxima del agujero y la mínima del eje.

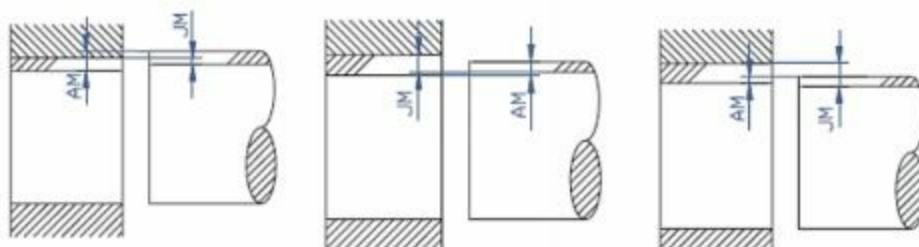
$$\mathbf{JM} = \mathbf{DM} - \mathbf{dm}$$

-Aprieto máximo (AM): diferencia entre la medida máxima del eje y la mínima del agujero.

$$\mathbf{AM} = \mathbf{dM} - \mathbf{Dm}$$

-Tolerancia del ajuste indeterminado (TI): suma del juego máximo y del aprieto máximo que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje.

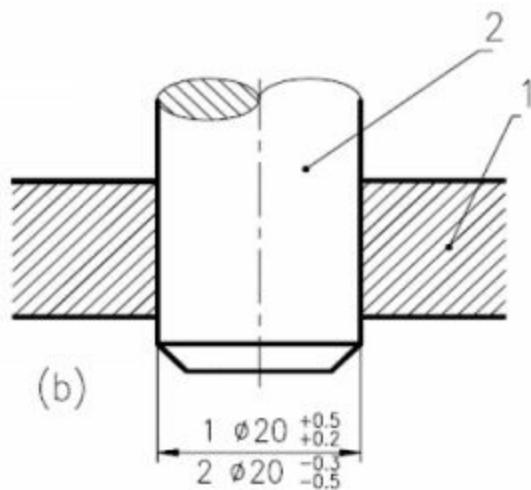
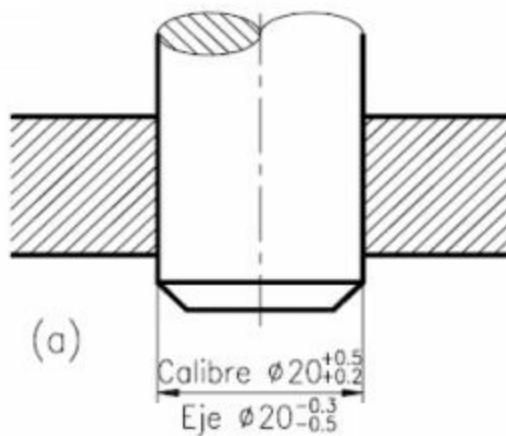
$$\mathbf{TI} = \mathbf{JM} + \mathbf{AM} = \mathbf{T} + \mathbf{t}$$



## *Representación de los ajustes*

Los ajustes se designan simbólicamente indicando las tolerancias del agujero y del eje por medio de cifras o por medio de los símbolos ISO.

Cuando se indican las cifras de las tolerancias, la representación del ajuste puede realizarse designando el elemento (a) o identificándolo con su número de marca (b).



### *Sistemas de ajuste*

Un sistema de ajuste es un conjunto sistemático de ajustes entre ejes y agujeros, resultado de la combinación de determinadas zonas de tolerancias, y que puede dar lugar a diversos juegos y aprietos.

#### *Sistema de ajuste de agujero único o agujero base*

Conjunto de ajustes en el que los diferentes juegos o aprietos se obtienen asociando ejes, con diferentes tolerancias, a un agujero de tolerancia constante.

Se define un agujero cuya diferencia inferior es nula, es decir, la zona de tolerancia está en posición H.

### *Sistema de ajuste de eje único o eje base*

Conjunto de ajustes en el que los diferentes juegos o aprietes se obtienen asociando agujeros, con diferentes tolerancias, a un eje de tolerancia constante.

Se elige un eje cuya diferencia superior es nula, es decir, la zona de tolerancia está en posición h.

### *Sistema de ajuste mixto*

Es un sistema de ajuste donde las posiciones del agujero y del eje no son ni H ni h.

Únicamente se debe utilizar este sistema cuando, por algún motivo, no se pueden utilizar ni los sistemas de agujero base ni de eje base.

### *Elección de los juegos límites*

Se debe evitar todo exceso de precisión y toda precisión inútil.

Siempre que se pueda se debe adoptar mayor tolerancia para el agujero que para el eje.

Se deben seleccionar las tolerancias de forma que las calidades del eje y agujero no varíen en más de dos índices. Se elegirá la combinación que dé más tolerancia al ajuste.

La experiencia en ajustes análogos que hayan resultado satisfactorios será un aspecto que siempre debe tenerse en cuenta.

### *Elección de los ajustes. Aplicaciones*

Al fijar los juegos límites de un acoplamiento debe considerarse:

Estado superficial. Una tolerancia muy pequeña pierde todo su valor si las irregularidades son mayores que la tolerancia. Los signos de mecanizado y las indicaciones de tolerancias y ajustes tienen que ser compatibles.

Naturaleza del material del que están hechas las piezas.

Velocidad de funcionamiento.

Lubricación.

Temperatura de funcionamiento que provoca dilataciones, modificando el acoplamiento.

Naturalidad, intensidad, dirección, sentido, variación y prioridad de los esfuerzos.

Desgaste.

Geometría del conjunto. Las tolerancias de forma y posición deben ser compatibles con las indicaciones de tolerancia del juego.

## *Verificación de las tolerancias*

Las tolerancias son necesarias al construir una pieza para asegurar una calidad mínima de fabricación.

Una vez realizada la pieza, se debes comprobar que sus dimensiones cumplen las tolerancias especificadas.

El departamento de calidad debe establecer el procedimiento de control de calidad, seleccionando los instrumentos de medida que permitan verificar las dimensiones.

Existen dos formas de verificar las tolerancias dimensionales:

### -Medición indirecta

Se utilizan varios métodos e instrumentos, el más común es el de las galgas o calibres fijos.

### -Medición directa

Se usan generalmente micrómetros cuyas puntas están adaptadas para introducirse también en el flanco de las roscas.

### *Medición indirecta*

Las galgas o calibres fijos, sirven para la verificación de piezas en serie que deben guardar una cierta medida dentro de las tolerancias permitidas.

Es importante que la temperatura esté regulada a 20°C para que no se altere la medida por la posible dilatación de la pieza a verificar.

Las galgas o calibres PASA / NO PASA son los más utilizados.

Están formados por un mango de sujeción y dos elementos de medida, donde una medida corresponde al valor máximo de la cota a medir (NO PASA) y la otra corresponde al valor mínimo (PASA).

Según sean las características de la cota a medir existen diferentes tipos de galgas o calibres fijos:

- × Calibres para espesores de superficies planas.
- × Tampones de PASA y NO PASA.
- × Galgas de herradura PASA y NO PASA.
- × Tampones cónicos con la indicación de profundidad máxima.
- × Acoplamientos cónicos con la indicación de profundidad máxima.
- × Ejes roscados con PASA y NO PASA.
- × Roscados exteriores PASA y NO PASA.
- × Plantillas para medición del paso de rosca.

## *Tolerancias dimensionales generales*

Cuando se realiza una pieza, es necesario asegurar una calidad mínima de fabricación.

A esa calidad hacen referencia las tolerancias generales.

El establecimiento de tolerancias en el diseño debe asegurar que se han definido todas las características dimensionales y geométricas de todos los elementos de la pieza. No se debe sobrentender ni dejar nada a la apreciación del personal del taller o del servicio de control. Además de las tolerancias generales, se pueden asignar tolerancias dimensionales y geométricas específicas (generalmente, de mayor precisión) dependiendo de la funcionalidad de la pieza. Las tolerancias generales son necesarias porque en caso de no poder mecanizar una pieza en el taller habitual, se tendrá que mecanizar en otro taller que cumpla los requisitos dimensionales requeridos para asegurar que no habrá ningún problema de ajustes entre elementos.

### *Ventajas de las tolerancias generales*

Dibujos más fáciles de entender y de manejar en el taller. El dibujo normalizado de los diferentes elementos permite identificar fácilmente aquellos elementos que pueden fabricarse según el procedimiento normal de fabricación.

Facilita la gestión del sistema de calidad, reduciendo los niveles de inspección.

Para el diseñador resulta sencillo determinar la tolerancia general y, a partir de esta, definir sólo los elementos que deben fabricarse con más cuidado y precisión.

Fijan un rango de valores permitidos para las cotas funcionales de la pieza.

El taller conoce su precisión habitual y es conocida por los clientes.

Es posible controlar que esta precisión no se degrade con el tiempo.

*Las dos normas fundamentales que las regulan son:*

- × UNE EN 22768 1:1993
- × ISO 2768 1:1989

Cuando hayan de aplicarse las tolerancias generales, en el bloque de títulos o en sus inmediaciones, deben figurar las indicaciones siguientes: “norma-clase de tolerancia”.

## **Informática en la ingeniería mecatrónica**

La ingeniería mecatrónica es una especialidad relativamente nueva, la cual se conforma por la sinergia y aprovechamiento de características y fortalezas de otras especialidades que ya tienen un largo trayecto a nivel profesional. Particularmente, la formación de un estudiante de mecatrónica involucra técnicas de programación que constituye el cerebro o parte inteligente para el desarrollo de cualquier sistema automático. Por tanto, el área de programación es de uso transversal y debe ser adecuadamente enseñada a los estudiantes de mecatrónica. No obstante, hay evidencia de que algunos educadores en mecatrónica han tomado la errada posición de que los futuros profesionales, al no ser desarrolladores de software, no deberían recibir enseñanza de la programación a profundidad, sino por el contrario, solamente una formación en conceptos básicos.

El método aplicado para la realización de este artículo es el experimental, aplicado a partir de experiencia en la práctica profesional y como docentes de las asignaturas de programación básica, avanzada y sistemas de control, en la carrera de ingeniería en mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, lo cual ha permitido presentar una reflexión sobre la importancia y pertinencia del área de programación informática en la enseñanza de mecatrónica.

Como conclusión de este trabajo se presenta elementos de discusión y aspectos técnicos para tomar una posición ante la necesidad y pertinencia de la enseñanza de la programación informática para mecatrónica de forma adecuada, es decir, en contexto y a nivel requerido por un profesional en ingeniería, abarcando en partes iguales la sinergia de los saberes que conforman la carrera de Ingeniería en Mecatrónica.

La Ingeniería Mecatrónica se presenta como una cooperación de varios saberes para la creación de resultados que aprovechen y maximicen las potencialidades de cada uno de ellos, de forma dinámica, y por tanto debe ser estudiada con criterios de enseñanza-aprendizaje claramente definidos. Por un lado, es una ventaja que las otras especialidades ya tengan su trayectoria altamente fortalecida, y, por otro lado, se constituye en una gran desventaja, al no poder determinar qué tan profunda debe ser la enseñanza en cada una de ellas.

La idea de que un estudiante de Ingeniería Mecatrónica no tiene la destreza ni el conocimiento necesario para profundizar en la elaboración de programas computacionales, considerando que los componentes necesarios a nivel de tiempo y profundidad de los temas no son adecuados y, de igual manera, que el perfil del Ingeniero mecatrónico no se enfoca a ser un desarrollador puro (debido a que debe hacerse una distribución más justa del tiempo para desarrollar las otras áreas del conocimiento), es una suposición común en el contexto universitario y carece de argumentos sólidos.

Esta idea se ha extendido a diferentes esferas tanto a nivel directivo, como docente e inclusive, a nivel de estudiantes.

En efecto, a nivel docente es fundamental reconocer y fomentar la noción de que la formación del Ingeniero mecatrónico debe estar a cargo de especialistas en áreas específicas del conocimiento, quienes deberían sintetizar los conocimientos de su área específica, de acuerdo con el perfil del Ingeniero mecatrónico y no exclusivamente de dicha área.

Se ha detectado que el principal inconveniente de un docente de especialidad que enseña en una carrera que está conformada por la sinergia de varias especialidades, se encuentra enmarcado en una percepción que abarca dos posibles escenarios:

Por un lado, no puede apartarse fácilmente de sus raíces y trata de llevar a sus estudiantes por la línea en la que el mismo fue formado; y, por otro lado, considera que sus estudiantes al ser de otra especialidad, no necesitan una enseñanza profunda de conceptos y habilidades.

Como docentes especializados de la Universidad Técnica del Norte, por casi cuatro décadas en conjunto, a nivel personal, se ha podido comprobar que esta percepción está muy equivocada, ya que, con una buena formación y orientación de los estudiantes en el ámbito de la programación de software, los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, pueden llegar a desarrollar habilidades para el diseño e implementación de programas informáticos, con igual calidad que la que normalmente desarrollan los estudiantes de Ingeniería de Software durante los primeros niveles de formación académica.

No obstante, después de estos niveles, las carreras en general desarrollan la formación específica y, por tanto, es natural que los estudiantes de Ingeniería de Software, al especializarse en esta formación, despunten en conocimientos y habilidades en desarrollo de software, así como los estudiantes de ingeniería mecatrónica en temas de electrónica y mecánica.

Esto ha sido puesto en práctica en varios encuentros de programación básica, donde los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica han obtenido buenos sitios al enfrentar a estudiantes de otras carreras de especialidades netamente dedicadas al desarrollo de software, y, en muchas ocasiones, los estudiantes

de Ingeniería Mecatrónica han incluso brindado asesoría a los estudiantes de Desarrollo de Software de los primeros niveles.

Adicionalmente, la formación de los primeros niveles de Ingeniería, en lo referente a ciencias básicas y específicamente en este caso, en la programación, tiene como objetivo formar e inculcar en el estudiante de Ingeniería habilidades como:

Analizar, diseñar e implementar soluciones informáticas. Particularmente, en proyectos de Ingeniería Mecatrónica, habitualmente se requiere elaborar programas computacionales que se relacionen y puedan ser integrados, utilizando y aprovechando el uso de modernas herramientas de desarrollo informático.

Por tanto, en este artículo se presenta una reflexión sobre la importancia de la programación en el desarrollo curricular de la carrera en Ingeniería Mecatrónica.

Dicha reflexión se realiza desde un punto de vista de currículo, técnico-conceptual y experiencia personal.

## *Definiciones básicas*

En este apartado se define conceptos necesarios para la reflexión y la discusión posteriores, abarcando definiciones de: Ingeniería mecatrónica, y software.

### *Ingeniería mecatrónica*

La ingeniería mecatrónica es una sinergia (combinación necesaria), entre ingeniería mecánica, electrónica, sistemas de control e informática, para crear procesos y maquinas inteligentes e innovadores que permitan solucionar problemas en maquinaria, robots, procesos industriales, autos, naves, aviones y demás relacionados que permitan mayor utilidad y desarrollo en la sociedad tanto en la ingeniería y en la ciencia y tecnología.

Un error muy común es pensar que en esta especialidad, el uso de las computadoras no va más allá del diseño y simulación de piezas, la realización de documentos, escuchar música y ver fotos; sin embargo la realidad es completamente distinta, ya que el uso del dispositivos informáticos abarca más que un simple computador de escritorio, una laptop o una Tablet; en la actualidad la mayoría de equipos de uso cotidiano, contienen componentes electrónicos muy avanzados para poder ser controlado, así un micro ondas, una cocina, un refrigerador, una lavadora, un celular y hasta una simple cafetera puede contener avanzados sistemas en su interior.

## *Sistema Informático*

Un sistema informático (conocido también como sistema de cómputo), se define como un conjunto de elementos organizados, que interactúan unos con otros, para lograr ciertos objetivos operando sobre la información.

Son componentes físicos (Hardware), los programas (Software), los usuarios (Humanware), algunos autores incluyen en esta organización los datos.

Todos estos componentes son importantes y cada uno de ellos juega un papel fundamental para el correcto funcionamiento del sistema, de tal manera que ellos deben complementarse, ser compatibles y evolucionar a la par.



En mecatrónica, los dispositivos más usados además de un PC de escritorio son: Microprocesadores, Microcontroladores y PLC's; cada uno con capacidades y potencialidades diferentes, y su uso dependerá del sistema donde se quiera incorporar.

## *Software*

Corresponde a la parte intangible de un computador, la palabra software se refiere a las instrucciones que se incorporan a un sistema informático para que este lleve a cabo una determinada función.



## *Programación*

Es el proceso de diseñar, codificar, depurar y mantener el código fuente de un programa computacional, el cual fue desarrollado en un lenguaje de programación, con el propósito de solucionar o automatizar algún proceso específico. Puede orientarse a un funcionamiento netamente a nivel de software, inclusive en forma multiplataforma, de la misma manera puede implementarse para controlar y/o recibir información de otros programas o dispositivos hardware, para trabajar con los datos recibidos.

### *PLC (Controlador Lógico Programable)*

PLC es el acrónimo de Controlador Lógico Programable (en inglés Programmable Logic Controller). Aparecen debido a la necesidad de dispositivos electrónicos cada vez más pequeños y funcionales, que enlacen las entradas y salidas de un proceso industrial y se procesen estos datos permitiendo controlar dicho proceso a diferencia de sistemas cableados con una mejor prestancia y velocidades de reacción extremadamente grandes, se ha logrado desarrollar dispositivos electromecánicos programables, utilizados especialmente en industria automática o automatización industrial. Los cuales a diferencia de los pc convencionales que son de propósito general, los PLC están diseñadas para trabajar con múltiples señales de entrada y salida, rangos de temperaturas específicos y ampliados, resistencia a factores como vibración, campos electromagnéticos e inclusive resistencia a impactos. Una característica importante de estos dispositivos es su trabajo en tiempo real, para que los resultados de salida, deben ser producidos como respuesta a las condiciones de entrada, dentro de un tiempo específico y limitado, para que produzca el resultado y comportamiento esperado.

*Entre las principales ventajas de trabajar con PLC's tenemos:*

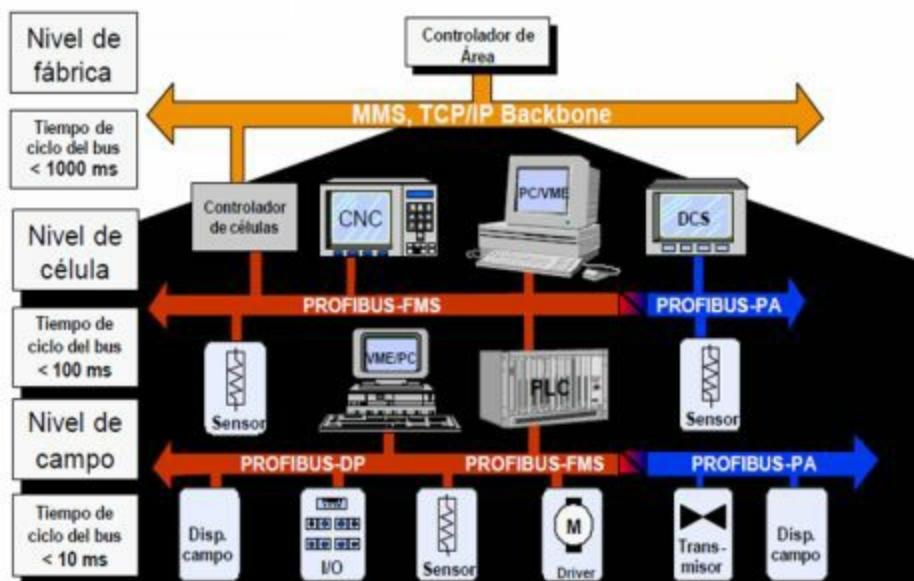
- × Menor tiempo empleado en su elaboración.
- × Realizar modificaciones sin cambiar cableado.
- × La lista de materiales y componentes, es muy reducida.
- × Se requiere un mínimo espacio de aplicación.
- × Menor costo.
- × El mantenimiento es económico por tiempos de paro reducidos.

Entre las potencialidades de los PLC's podemos también agregar las formas de “programarlos” es decir, determinar su funcionamiento y el tratamiento de las señales de entrada y salida. Estas formas son definitivamente computación aplicada tanto en interfaces graficas especiales o formatos de programación con un formato de funciones lógicas.

- × Gráfico secuencial de funciones (Grafset)
- × Lista de instrucciones.
- × Texto estructurado.
- × Diagrama de flujo.
- × Diagrama de contactos o Lógica de Escalera o Ladder Logic.

## *Comunicación y protocolos de comunicación entre PLC*

Las comunicaciones a este nivel deben poseer unas características particulares para responder las necesidades de intercomunicación en tiempo real que deben ser capaces de resistir ambientes hostiles con ruido y electromagnetismo de tal forma que permita relacionar todos los dispositivos para lograr que los procesos industriales cumplan con sus funciones y con una debida intercomunicación entre ellos como se muestra.



Para la comunicación entre cada equipo básicamente trabajan a nivel computacional como se muestra en la figura, en la cual se muestran las diferentes capas que permiten esta interconexión.



Ubicación de las capas ISO/OSI de DeviceNet  
y empleo del protocolo CAN en DeviceNET

## Nanotecnología

Piensa en un robot más pequeño que una molécula de polvo, ahora imagina que ese robot podría salvar tu vida, fuertes, resistentes, microscópicos, complejos, versátiles, flexibles, ecológicos, eficaces, innovadores, precisos, veloces, avanzados, el futuro es la nanotecnología.

La nanotecnología es un campo de las ciencias aplicadas dedicado al estudio, control, creación, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a una escala menor que un micrómetro, es decir, a nivel de átomos y moléculas nano materiales y/o más habitual es que tal manipulación se produzca en un rango pequeño de nanómetros.

La nanotecnología está tan avanzada que ya existen robots de tamaño nano, un nanobot puede tener unos pocos manómetros, de manera que la nanotecnología se caracteriza por trabajar con objetos a nana escala.

Uno de las principales influencias de la nanotecnología es en la electrónica como objeto principal reducir el tamaño de los chips-biochips, ampliar las memorias, diseñar pantallas más brillantes, livianas y eficientes en el uso de energía.

## *Nanotecnología*

La nanotecnología es la manipulación de la materia a escala nanométrica. La más temprana y difundida descripción de la nanotecnología se refiere a la meta tecnológica particular de manipular en forma precisa los átomos y moléculas para la fabricación de productos a microescala, ahora también referida como nanotecnología molecular. Subsecuentemente una descripción más generalizada de la nanotecnología fue establecida por la Iniciativa Nanotecnológica Nacional, la que define la nanotecnología como la manipulación de la materia con al menos una dimensión del tamaño de entre 1 a 100 nanómetros. Esta definición refleja el hecho de que los efectos de la mecánica cuántica son importantes a esta escala del dominio cuántico y, así, la definición cambió desde una meta tecnológica particular a una categoría de investigación incluyendo todos los tipos de investigación y tecnologías que tienen que ver con las propiedades especiales de la materia que ocurren bajo cierto umbral de tamaño. Es común el uso de la forma plural de "nanotecnologías" así como "tecnologías de nanoescala" para referirse al amplio rango de investigaciones y aplicaciones cuyo tema en común es su tamaño. Debido a la variedad de potenciales aplicaciones (incluyendo aplicaciones industriales y militares), los gobiernos han invertido miles de millones de dólares en investigación de la nanotecnología. A través de su Iniciativa Nanotecnológica Nacional, Estados Unidos ha invertido 3,7 mil millones de dólares. La Unión Europea ha invertido 1,2 mil millones y Japón 750 millones de dólares.

Nano es un prefijo griego que indica una medida ( $10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$ ), no un objeto; de manera que la nanotecnología se caracteriza por ser un campo esencialmente multidisciplinar, y cohesionado exclusivamente por la escala de la materia con la que trabaja.

La nanotecnología definida por el tamaño es naturalmente un campo muy

amplio, que incluye diferentes disciplinas de la ciencia tan diversas como la ciencia de superficies, química orgánica, biología molecular, física de los semiconductores, microfabricación, etc. Las investigaciones y aplicaciones asociadas son igualmente diversas, yendo desde extensiones de la física de los dispositivos a nuevas aproximaciones completamente nuevas basadas en el autoensamblaje molecular, desde el desarrollo de nuevos materiales con dimensiones en la nanoescalas al control directo de la materia a escala atómica.

Actualmente los científicos están debatiendo el futuro de las implicaciones de la nanotecnología. La nanotecnología puede ser capaz de crear nuevos materiales y dispositivos con un vasto alcance de aplicaciones, tales como en la medicina, electrónica, biomateriales y la producción de energía. Por otra parte, la nanotecnología hace surgir las mismas preocupaciones que cualquier nueva tecnología, incluyendo preocupaciones acerca de la toxicidad y el impacto ambiental de los nanomateriales, y sus potenciales efectos en la economía global, así como especulaciones acerca de varios escenarios apocalípticos. Estas preocupaciones han llevado al debate entre varios grupos de defensa y gobiernos sobre si se requieren regulaciones especiales para la nanotecnología.

La nanotecnología comprende el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nanoescala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nanoescala. Cuando se manipula la materia a escala tan minúscula, presenta fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, los científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas.

## *Historia*

El ganador del premio Nobel de Física de 1965, Richard Feynman, fue el primero en hacer referencia a las posibilidades de la nanociencia y la nanotecnología en un discurso que dio en el Caltech (Instituto Tecnológico de California) el 29 de diciembre de 1959, titulado En el fondo hay espacio de sobra (There's Plenty of Room at the Bottom), en el que describe la posibilidad de la síntesis vía la manipulación directa de los átomos. El término "nanotecnología" fue usado por primera vez por Norio Taniguchi en el año 1974, aunque esto no es ampliamente conocido.

### *Comparaciones de los tamaños de los nanomateriales.*

Inspirado en los conceptos de Feynman, en forma independiente K. Eric Drexler usó el término "nanotecnología" en su libro del año 1986 Motores de la Creación: La Llegada de la Era de la Nanotecnología (en inglés: Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology), en el que propuso la idea de un "ensamblador" a nanoescala que sería capaz de construir una copia de sí mismo y de otros elementos de complejidad arbitraria con un nivel de control atómico. También en el año 1986, Drexler co-fundó The Foresight Institute (en castellano: El Instituto de Estudios Prospectivos), con el cual ya no tiene relación, para ayudar a aumentar la conciencia y comprensión pública de los conceptos de la nanotecnología y sus implicaciones.

Así, el surgimiento de la nanotecnología como un campo en la década de 1980 ocurrió por la convergencia del trabajo teórico y público de Drexler, quien desarrolló y popularizó un marco conceptual para la nanotecnología, y los avances experimentales de alta visibilidad que atrajeron atención adicional a amplia escala a los prospectos del control atómico de la materia. Por ejemplo, la invención del microscopio de efecto túnel en el año 1981 proporcionó una visualización sin precedentes de los átomos y enlaces individuales, y fue usado exitosamente para manipular átomos individuales en el año 1989. Los desarrolladores del microscopio Gerd Binnig y Heinrich Rohrer del IBM Zurich Research Laboratory (en castellano: Laboratorio de Investigación Zurich IBM) recibieron un Premio Nobel en Física en el año 1986. Binnig, Quate y Gerber también inventaron el microscopio de fuerza atómica análogo ese año. Buckminster fullereno C<sub>60</sub>, también conocido como buckybola, es un miembro representativo de las estructuras de carbono conocidas como fullerenos. Los miembros de la familiar del fullereno son una materia principal de investigación que cae bajo el interés de la nanotecnología. Los fullerenos fueron descubiertos en el año 1985 por Harry

Kroto, Richard Smalley y Robert Curl, quienes en conjunto ganaron el Premio Nobel de Química del año 1996. Inicialmente el C<sub>60</sub> no fue descrito como nanotecnología; el término fue utilizado en relación con el trabajo posterior con los tubos de grafeno relacionados (llamados nanotubos de carbono y algunas veces también tubos bucky) lo que sugería aplicaciones potenciales para dispositivos y electrónica de nanoescala.

A principios de la década de 2000, el campo cosechó un incrementado interés científico, político y comercial que llevó tanto a la controversia como al progreso. Las controversias surgieron en relación a las definiciones y potenciales implicaciones de las nanotecnologías, ejemplificado por el informe de la Royal Society acerca de la nanotecnología. Los desafíos surgieron de la factibilidad de las aplicaciones imaginadas por los proponentes de la nanotecnología molecular, que culminó en un debate público entre Drexler y Smalley en el año 2001 y el año 2003. Mientras tanto, la comercialización de los productos basados en los avances de las tecnologías a nanoescala comenzaron a surgir. Estos productos están limitados a aplicaciones a granel de los nanomateriales y no involucran el control atómico de la materia. Algunos ejemplos incluyen a la plataforma Nano Silver que utiliza nanopartículas de plata como un agente antibacterial, los protectores solares transparentes basados en nanopartículas y de los nanotubos de carbono para telas resistentes a las manchas. Los gobiernos se movieron a la promoción y el financiamiento de la investigación en nanotecnología, comenzando por Estados Unidos con su Iniciativa Nanotecnológica Nacional, que formalizó la definición de la nanotecnología basada en el tamaño y que creó un fondo de financiamiento para la investigación de la nanoescala. Para mediados de la década del 2000 nueva y seria atención científica comenzó a florecer. Proyectos emergieron para producir una hoja de ruta para la nanotecnología que se centraba en la

manipulación atómica precisa de la materia y que discute las capacidades, metas y aplicaciones existentes y proyectadas. Otras personas de esta área fueron Rosalind Franklin, James Dewey Watson y Francis Crick quienes propusieron que el ADN era la molécula principal que jugaba un papel clave en la regulación de todos los procesos del organismo, revelando la importancia de las moléculas como determinantes en los procesos de la vida. Pero estos conocimientos fueron más allá, ya que con esto se pudo modificar la estructura de las moléculas, como es el caso de los polímeros o plásticos que hoy en día encontramos en nuestros hogares. Pero hay que decir que a este tipo de moléculas se les puede considerar “grandes”. Hoy en día la medicina tiene más interés en la investigación en el mundo microscópico, ya que en él se encuentran posiblemente las alteraciones estructurales que provocan las enfermedades, y no hay que decir de las ramas de la medicina que han salido más beneficiadas como es la microbiología, inmunología, fisiología; han surgido también nuevas ciencias como la Ingeniería Genética, que ha generado polémicas sobre las repercusiones de procesos como la clonación o la eugenesia. El desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología en América Latina es relativamente reciente, en comparación a lo que ha ocurrido a nivel global. Países como México, Costa Rica, Argentina, Venezuela, Colombia, Brasil y Chile contribuyen a nivel mundial con trabajos de investigación en distintas áreas de la nanociencia y la nanotecnología. Además, algunos de estos países cuentan también con programas educativos a nivel licenciatura, maestría, posgrado y especialización en el área.

## *Conceptos fundamentales*

La nanotecnología es la ingeniería de sistemas funcionales a escala molecular. Esto cubre tanto el actual trabajo como conceptos que son más avanzados. En su sentido original, la nanotecnología se refiere a la habilidad proyectada para construir elementos desde lo más pequeño a lo más grande, usando técnicas y herramientas, que actualmente están siendo desarrolladas, para construir productos completos de alto desempeño. Un nanómetro (nm) es la mil millonésima partes, o  $10^{-9}$ , de un metro. Por comparación, los típicos largos de enlaces carbono-carbono, o el espacio entre estos átomos en una molécula, están alrededor de los 0,12–0,15 nm y la doble hélice de un ADN tiene un diámetro de alrededor de 2 nm. Por otra parte, la forma de vida celular más pequeña, la bacteria del género Mycoplasma, tienen alrededor de 200 nm de largo. Por convención, la nanotecnología es medida en el rango de escala de entre 1 a 100 nm de acuerdo a la definición usada por la Iniciativa Nanotecnológica Nacional en Estados Unidos. El límite inferior está dado por el tamaño de los átomos (el hidrógeno tiene los átomos más pequeños, que tienen un diámetro aproximado de un cuarto de nm) dado que la nanotecnología debe fabricar sus dispositivos a partir de átomos y moléculas. El límite superior es más o menos arbitrario pero se encuentra alrededor del tamaño en que fenómenos que no pueden ser observados en estructuras más grandes comienzan a ser aparentes y pueden ser usados en el nanodispositivo. Estos nuevos fenómenos hacen que la nanotecnología sea distinta de los dispositivos que son meramente versiones miniaturizadas de un dispositivo macroscópico equivalente; tales dispositivos se encuentran a una escala más grande y caen bajo la descripción de microtecnología. Para poner la escala en otro contexto, el tamaño comparativo de un nanómetro a un metro es lo mismo que el de una roca al tamaño de la Tierra. Otra forma de ponerlo: un nanómetro es la cantidad en que la barba de un hombre promedio crece en el

tiempo al que a este le toma levanta la afeitadora a su cara.

Se usan dos aproximaciones a la nanotecnología. En la aproximación "desde el fondo hacia arriba", los materiales y dispositivos son construidos a partir de componentes moleculares que se ensamblan por sí mismos químicamente por los principios del reconocimiento molecular. En la aproximación "desde arriba hacia abajo", los nano-objetos son construidos a partir de entidades más grandes son un control a nivel atómico. Áreas de la física tales como la nanoelectrónica, la nanomecánica, nanofotónica y la nanoiónica han evolucionado durante estas últimas pocas décadas para proporcionar un fundamento científico básico a la nanotecnología.

### *De lo más grande a lo más pequeño: una perspectiva desde los materiales*

Varios fenómenos se vuelven pronunciados a medida que el tamaño del sistema disminuye. Estos incluyen efectos mecánicos estadísticos, así como efectos mecánicos cuánticos, por ejemplo, el “efecto del tamaño del Cuanto” donde las propiedades electrónicas de los sólidos son alteradas con grandes reducciones en el tamaño de la partícula. Estos efectos no se ponen en juego al ir desde las dimensiones macro a las dimensiones micro. Sin embargo, los efectos cuánticos pueden convertirse en significantes cuando el tamaño del nanómetro es alcanzado, normalmente en distancias de 100 nanómetros o menos, el así llamado dominio cuántico. Adicionalmente, una variedad de propiedades físicas (mecánicas, eléctricas, ópticas, etc.) cambian cuando se les compara con los sistemas macroscópicos. Un ejemplo es el aumento en la proporción del área superficial al volumen alterando las propiedades mecánicas, termales y catalíticas de los materiales. La difusión y reacciones a nivel de nanoescala, los materiales de las nanoestructuras y de los nanodispositivos con rápido transporte de iones generalmente son conocidas como nanoiónicas. Las propiedades mecánicas de los nanosistemas son de interés en la investigación de la nanomecánica. Las actividades catalíticas de los nanomateriales también abren potenciales riesgos en su interacción con los biomateriales. Los materiales reducidos a la nanoescala pueden mostrar propiedades diferentes cuando se les compara con las que ellos exhiben a macroescala, permitiendo aplicaciones únicas. Por ejemplo, las substancias opacas pueden convertirse en transparentes (cobre); materiales estables pueden convertirse en combustible (aluminio); materiales insolubles pueden convertirse en solubles (oro). Un material tal como el oro, que es químicamente inerte a escala normales, puede servir como un potente catalizador químico a nanescalas. La mayor parte de la fascinación con la nanotecnología surge de estos fenómenos cuánticos y de superficie que la

materia exhibe a nanoscala.

### *De lo simple a lo complejo: una perspectiva molecular*

La química sintética moderna ha alcanzado el punto donde es posible preparar pequeñas moléculas para casi cualquier estructura. Estos métodos son usados hoy en día para fabricar una amplia variedad de químicos útiles tales como farmacéuticos o polímeros comerciales. Esta habilidad hace surgir la pregunta de extender esta clase de control al siguiente nivel más grande, buscando métodos para ensamblar estas moléculas únicas en estructuras o ensamblajes supramoleculares consistentes de muchas moléculas dispuestas en una forma bien definida. Estas aproximaciones utilizan los conceptos de auto-ensamblaje molecular y/o química supramolecular para disponer en forma automática sus propias estructuras en algún ordenamiento útil a través de una aproximación desde el fondo hacia arriba. El concepto de reconocimiento molecular es especialmente importante: las moléculas pueden ser diseñadas de tal forma de que una configuración u ordenamiento específico sea favorecida debido a las fuerzas intermoleculares no covalentes. Las reglas de emparejamiento de bases de Watson-Crick son un resultado directo de esto, así como la especificidad de una enzima siendo apuntada a un único sustrato o el plegamiento de la proteína en sí misma. Así, dos o más componentes pueden ser diseñado para complementariedad y atracción mutua de tal forma que ellas construyan un todo más complejo y útil. Las aproximaciones desde el fondo hacia arriba debería ser capaces de producir dispositivos en paralelo y ser mucho más baratas que los métodos desde arriba hacia abajo, pero potencialmente podrían ser sobrepasadas a medida que el tamaño y la complejidad del ensamblaje deseado aumente. Las estructuras más exitosas requieren arreglos de átomos complejos y termodinámicamente poco probables. Sin embargo, existen muchos ejemplos de autoensamblaje basados en el reconocimiento molecular en la biología, uno de los más notables es el pareo de base de Watson-Crick y las

interacciones enzima-substrato. El desafío para la nanotecnología es si estos principios pueden ser usados para lograr nuevas construcciones adicionales a las naturales ya existentes.

### *Nanotecnología molecular: una visión de largo plazo*

La nanotecnología molecular, algunas veces llamada fabricación molecular, describe nanosistemas manufacturados (máquinas a nanoescala) operando a escala molecular. La nanotecnología molecular está asociada especialmente con el ensamblador molecular, una máquina que puede producir una estructura o dispositivo deseado átomo por átomo usando los principios de la mecanosíntesis. La fabricación en el contexto de los nanosistemas productivos no está relacionado a, y debería ser claramente distinguido de, las tecnologías convencionales usadas para la fabricación de nanomateriales tales como nanotubos y nanopartículas de carbono. Cuando el término "nanotecnología" fue acuñado en forma independiente y popularizado por Eric Drexler (quien en ese momento no sabía de un uso anterior realizado por Norio Taniguchi) para referirse a una tecnología futura de fabricación basado en sistemas de máquina moleculares. La premisa era que las analogías biológicas a escala molecular de los componentes de máquinas tradicionales demostraban que las máquinas moleculares eran posibles: existen incontables ejemplos en la biología, se sabe que sofisticadas máquinas biológicas optimizadas estocásticamente pueden ser producidas. Se espera que los desarrollos en la nanotecnología harán posible su construcción por algún otro medio, quizás usando principios de biomimética. Sin embargo, Drexler y otros investigadores han propuesto que una nanotecnología avanzado, aunque quizás inicialmente implementada por medios biomiméticos, finalmente podría estar basada en los principios de la ingeniería mecánica, es decir, una tecnología de fabricación basada en la funcionalidad mecánica de estos componentes (tales como engranajes, rodamientos, motores y miembros estructurales) que permitirían un ensamblaje programable y posicional a una especificación atómica. La física y el desempeño ingenieril de diseños de ejemplo fueron analizados en el libro de Drexler llamado Nanosistemas. En

general es muy difícil ensamblar dispositivos a escala atómica, ya que uno tiene que posicionar átomos sobre otros átomos de grosor y tamaño comparables. Otra visión, expresada por Carlo Montemagno, es que los futuros nanosistemas serán híbridos de la tecnología de la sílice y de máquinas moleculares biológicas. Richard Smalley argumenta que la mecanosíntesis es imposible debido a las dificultades en la manipulación mecánica de moléculas individuales. Esto llevó a un intercambio de cartas entre la publicación Chemical & Engineering News de la ACS en el año 2003. Aunque la biología claramente demuestra que los sistemas de máquinas moleculares son posibles, las máquinas moleculares no biológicas actualmente están solo en su infancia. Los líderes en la investigación de las máquinas moleculares no biológicas son Alex Zettl y sus colegas que trabajan en el Lawrence Berkeley National Laboratory y en la UC Berkeley. Ellos han construido al menos tres dispositivos moleculares distintos cuyos movimientos son controlados desde el escritorio cambiando el voltaje: un nanomotor de nanotubos, un actuador, y un oscilador de relajación nanoelectromecánico. Ver nanomotor de nanotubo de carbono para más ejemplos. Un experimento que indica que un ensamblaje molecular posicional es posible fue desarrollado por Ho y Lee en la Universidad Cornell en el año 1999. Ellos usaron un microscopio de efecto túnel para mover una molécula de monóxido de carbono (CO) hacia un átomo individual de hierro (Fe) ubicado en un cristal plano de plata, y enlazar químicamente el CO con el Fe aplicando un voltaje.

### *Investigación actual*

Representación gráfica de un rotaxano, útil como un interruptor molecular. Este tetraedro de ADN es una nanoestructura diseñada artificialmente del tipo construida en el campo de la nanotecnología de ADN. Cada borde del tetraedro es una doble hélice de par base de ADN, y cada vértice es una unión de tres brazos. Este dispositivo transfiere energía desde capas de grosor nano de los pozos cuánticos a los nanocristales ubicados arriba, causando que los nanocristales emitan luz visible.

## *Nanomateriales*

El campo de los nanomateriales incluye los subcampos que desarrollan o estudian los materiales que tienen propiedades únicas que surgen de sus dimensiones a nanos escala.

La ciencia de Interfaz y coloide ha identificado muchos materiales que pueden ser útiles en la nanotecnología, tales como los nanotubos de carbono y otros fullerenos, y varias nanopartículas y nanoroides. Los nanomateriales con rápido transporte de iones también están relacionados a la nanoiónica y a la nanoelectrónica. Los materiales a nanos escala también puede ser usados para aplicaciones en volumen; la mayoría de las aplicaciones comerciales actuales de la nanotecnología son de este tipo. Se ha realizado progreso en la utilización de estos materiales para aplicaciones médicas, ver nanomedicina.

Los materiales a nanos escala tales como los nanopilares algunas veces son usados en las celdas solares para bajar los costos de las celdas solares de silicio tradicionales.

El desarrollo de aplicaciones que incorporan nanopartículas semiconductoras que serán usadas en la siguiente generación de productos, tales como tecnología de pantallas, iluminación, celdas solares e imágenes biológicas; ver punto cuántico.

### *Acercamientos desde el fondo hacia arriba*

Estos buscan disponer los componentes más pequeños en estructuras más complejas. La nanotecnología de ADN utiliza la especificidad del pareo de base de Watson-Crick para construir estructuras bien definidas a partir del ADN y otros ácidos nucleicos. Se aproxima desde el campo de la síntesis química "clásica" (síntesis inorgánica y orgánica) y también su objetivo es el diseño de moléculas con una forma bien definida (por ejemplo, bis-péptidos). Más generalmente, el autoensamblaje molecular busca usar los conceptos de química supramolecular y el reconocimiento molecular en particular, para causar que componentes uni-moleculares se dispongan automáticamente por sí mismos en alguna conformación útil.

Las puntas de los microscopios de fuerza atómica pueden ser usadas como una "cabeza de escritura" a nanoescala para depositar un químico sobre una superficie en un patrón deseado en un proceso conocido como nanolitografía dip-pen.

Esta técnica cae en el subcampo más grande de la nanolitografía.

### *Acercamientos desde arriba hacia abajo*

Estos buscan crear dispositivos más pequeños usando unos más grandes para controlar su ensamblaje. Muchas tecnologías que trazan su origen a los métodos de estado sólido de silicio para fabricar microprocesadores ahora son capaces de crear características más pequeñas que 100 nm, lo cae en la definición de nanotecnología. Discos duros basados en la magnetoresistencia gigante ya en el mercado caen dentro de esta descripción, así como las técnicas de deposición de capas atómicas (en inglés: Atomic Layer Deposition, ALD). Peter Grünberg y Albert Fert recibieron un Premio Nobel en Física en el año 2007 por su descubrimiento de la magnetoresistencia gigante y sus contribuciones al campo de la espintrónica. Las técnicas de estado sólido también pueden ser usadas para crear dispositivos conocidos como sistemas nanoelectromecánicos (en inglés: Nanoelectromechanical Systems, NEMS), que están relacionados a los sistemas microelectromecánicos (en inglés: Microelectromechanical Systems, MEMS).

Haz iónico concentrado pueden ser controlados para remover material o incluso depositar material cuando gases precursores adecuados son aplicados al mismo tiempo. Por ejemplo, esta técnica es usada rutinariamente para crear secciones de material sub-100nm para el análisis mediante microscopios electrónicos de transmisión. Las puntas de los microscopios de fuerza atómica pueden ser usados como una "cabeza escritora" de nanoescala para depositar una resistencia, que luego es seguida por un proceso de aguafuerte para remover el material en un método arriba-abajo.

### *Acercamientos funcionales*

Estas buscan desarrollar componentes de una funcionalidad deseada sin importar como ellas podrían ser ensambladas. La electrónica de escala molecular busca desarrollar moléculas con propiedades electrónicas útiles. Estas podrían entonces ser usadas como componentes de molécula única en un dispositivo nanoelectrónico. Para un ejemplo ver el rotaxano. Los métodos químicos sintéticos también pueden ser usados para crear motores moleculares sintéticos, tal como el conocido como nanoauto.

### *Acercamientos biomiméticos*

La biónica o biomimesis buscan aplicar los métodos y sistemas biológicos encontrados en la naturaleza, para estudiar y diseñar sistemas de ingeniería y tecnología moderna. La biominerización es un ejemplo de los sistemas estudiados. La bionanotecnología es el uso de las biomoléculas para aplicaciones en nanotecnología, incluyendo el uso de virus y ensamblajes de lípidos. La nanocelulosa es una potencial aplicación a escala masiva.

## *Especulativos*

Estos subcampos buscan anticipar lo que las invenciones nanotecnológicas podrían alcanzar o intentan proponer una agenda que ordene un camino por el cual la investigación pueda progresar. A menudo estos toman una visión de una gran escala de la nanotecnología, con más énfasis en sus implicancias sociales que en los detalles de cómo tales invenciones podrían realmente ser creadas. La nanotecnología molecular es propuesta como un acercamiento que involucra la manipulación de una sola molécula de una forma finamente controlado y determinista. Esto es más teórico que otros subcampos, y muchas de las técnicas propuestas están más allá de las capacidades actuales. La nanorrobótica se centra en máquinas autosuficientes con alguna funcionalidad operando a nanoescala. Existen esperanzas para aplicar los nanorobots en medicina, pero pueden no ser tan fácil hacer tal cosa debido a severas desventajas de tales dispositivos. Sin embargo, se ha demostrado progreso en materiales y metodologías innovadores con algunas patentes otorgadas para nuevos dispositivos nanofabricadores para futuras aplicaciones comerciales, que también ayudan progresivamente hacia el desarrollo de nanorobots con algún uso de conceptos de nanobioelectrónica embebida. Los nanosistemas productivos son "sistemas de nanosistemas" que serán complejos nanosistemas que producen partes atómicamente precisas para otros nanosistemas, no necesariamente utilizando novedosas propiedades nanoescalares emergentes, sino que bien comprendidos fundamentos de la fabricación. Debido a la naturaleza discreta (a nivel atómico) de la materia y la posibilidad del crecimiento exponencial, esta etapa es vista como la base de otra revolución industrial. Mihail Roco, uno de los arquitectos de la Iniciativa Nanotecnológica Nacional de Estados Unidos, ha propuesto cuatro estados de la nanotecnología que parecen ser un paralelo del progreso técnico de la Revolución Industrial, progresando desde nanoestructuras pasivas a

nanodispositivos activos a complejas nanomáquinas y finalmente a nanosistemas productivos. La materia programable busca diseñar materiales cuyas propiedades puedan ser fácilmente, reversiblemente y externamente controlados pensada como una fusión entre la ciencia de la información y la ciencia de los materiales. Debido a la popularidad y exposición mediática del término nanotecnología, las palabras picotecnología y femtotecnología han sido acuñados en forma análoga, aunque estos son raramente utilizados y solo de manera informal.

## *Herramientas y técnicas*

Típica configuración de un microscopio de fuerza atómica. Un voladizo microfabricado con una punta aguda es desviado por las características de una superficie de muestra, de forma similar a un fonógrafo, pero a una escala mucho más pequeña. Un haz láser se refleja en la parte trasera del voladizo en un conjunto de fotodetectores, permitiendo que el desvío sea medido y que se arme en una imagen de la superficie. Existen varios importantes desarrollos modernos. El microscopio de fuerza atómica (en inglés: Atomic Force Microscope, AFM) y el microscopio de efecto túnel (en inglés: Scanning Tunneling Microscope, STM) son versiones tempranas de las sondas de barrido que lanzaron la nanotecnología. Existen otros tipos de microscopio de sonda de barrido. Aunque conceptualmente similares a los microscopios confocales de barrido desarrollados por Marvin Minsky en el año 1961 y al microscopio acústico de barrido (en inglés: Scanning Acoustic Microscope, SAM) desarrollado por Calvin Quate y asociados en la década de 1970, los microscopios de sonda de barrido más nuevos tienen una mucho más alta resolución, dado que ellos no están limitados por la longitud de onda del sonido o la luz. La punta de una sonda de barrido también puede ser usada para manipular nanoestructuras (un proceso conocido como ensamblaje posicional). La metodología de barrido orientado a la característica sugerida por Rostislav Lapshin parece ser una forma prometedora de implementar estas nanomanipulaciones en modo automático. Sin embargo, esto es aún un proceso lento debido a la baja velocidad de barrido del microscopio. Varias técnicas de nanolitografía tales como la litografía óptica, la nanolitografía dip-pen de litografía de rayos X, la litografía de haz de electrones o litografía de nanoimpresión también fueron desarrolladas. La litografía es una técnica de fabricación desde arriba hacia abajo donde el material en bruto es reducido en tamaño hasta lograr un patrón a nanoscala. Otro grupo de técnicas

nanotecnológicas incluyen a aquellas usadas para la fabricación de nanotubos y nanoalambres, aquellas usadas en la fabricación de semiconductores tales como la litografía ultravioleta profunda, la litografía de haz de electrones, maquinado de haz de iones enfocado, la litografía de nanoimpresión, la deposición de capa atómica y deposición molecular de vapor , y además incluyendo las técnicas de autoensamblaje molecular tales como aquellas que emplean copolímeros di-bloque. Los precursores de estas técnicas son anteriores a la era de la nanotecnología, y son extensiones en el desarrollo de los avances científicos más que técnicas que fueron ideadas únicamente con el propósito de crear nanotecnología y que fueron el resultado de la investigación nanotecnológica. El acercamiento de arriba hacia abajo anticipa nanodispositivos que deben ser construidos pieza por pieza en etapas, de la misma forma que son fabricados el resto de las cosas. La microscopía de sonda de barrido es una importante técnica tanto para la caracterización como para la síntesis de nanomateriales. Los microscopios de fuerza atómica y los microscopios de efecto túnel de barrido pueden ser usados para examinar las superficies y para mover los átomos en ellas. Al diseñar diferentes puntas para estos microscopios, ellos pueden ser usados para tallar estructuras en las superficies y para ayudar a guiar las estructuras autoensambladas. Al utilizar, por ejemplo, el acercamiento de barrido orientado a las características, los átomos o moléculas pueden ser movidos en la superficie con las técnicas del microscopio de sonda de barrido. Actualmente, es caro y demoroso para ser utilizados en la producción en masa, pero son muy adecuadas para la experimentación en un laboratorio. En contraste, las técnicas de abajo hacia arriba construyen o hace crecer estructuras más grandes átomo por átomo o molécula por molécula. Estas técnicas incluyen síntesis química, autoensamblaje y ensamblaje posicional. La interferometría de polarización dual es una herramienta adecuada para la caracterización de películas

delgadas autoensambladas. Otra variación del acercamiento desde abajo hacia arriba es el crecimiento epitaxial por haces moleculares (en inglés: Molecular Beam Epitaxy, MBE). Los investigadores de los Bell Telephone Laboratories tales como John R. Arthur, Alfred Y. Cho y Art C. Gossard desarrollaron e implementaron el MBE como una herramienta de investigación hacia finales de la década de 1960 y la década de 1970. Las muestras hechas por el MBE fueron claves para el descubrimiento del efecto Hall cuántico fraccionario por el cual el premio Nobel en Física del año 1998 fue otorgado. El MBE permite a los científicos disponer capas precisas atómicamente, y en el proceso, construir complejas estructuras. Importante para las investigaciones en semiconductores, la MBE también es usada ampliamente para hacer muestras y dispositivos para el recientemente emergente campo de la espintrónica. Sin embargo, nuevos productos terapéuticos, basados en nanomateriales sensibles, tales como las vesículas ultraelasticas y sensibles a la tensión Transfersome, que están en desarrollo y se encuentran aprobadas para uso humano en algunos países. Desarrollo tecnológico para poder acceder a la nanotecnología. Uno de los instrumentos clave en la micro y nanociencia son los microscopios de barrido con sonda. Consisten básicamente en una plataforma y una sonda que efectúa un barrido o escaneado de la muestra. El barrido puede hacerse moviendo ya sea la sonda o la plataforma, mediante actuadores de gran precisión.

Los actuadores son un factor clave de esta tecnología.

La sonda puede elevarse o bajarse, con lo que se tiene un sistema con tres ejes coordenados, por una parte, un plano x-y de barrido y por otra parte una altura z, con lo cual se puede estudiar el relieve o la topografía de las microestructuras.

No sólo se mide la geometría de la muestra, sino que según el tipo de sonda usada se pueden medir también propiedades químicas, térmicas, eléctricas o

mecánicas, con lo cual se abre una ventana muy amplia de información, que permite estudiar las propiedades de los nanomateriales.

## *Inversión*

Algunos países en vías de desarrollo ya destinan importantes recursos a la investigación en nanotecnología. La nanomedicina es una de las áreas que más puede contribuir al avance sostenible del Tercer Mundo, proporcionando nuevos métodos de diagnóstico y cribaje de enfermedades, mejores sistemas para la administración de fármacos y herramientas para la monitorización de algunos parámetros biológicos. Alrededor de cuarenta laboratorios en todo el mundo canalizan grandes cantidades de dinero para la investigación en nanotecnología. Unas trescientas empresas tienen el término “nano” en su nombre, aunque todavía hay muy pocos productos en el mercado. Algunos gigantes del mundo informático como IBM, Hewlett-Packard ('HP') NEC e Intel están invirtiendo millones de dólares al año en el tema.

Los gobiernos del llamado Primer Mundo también se han tomado el tema muy en serio, con el claro liderazgo del gobierno estadounidense, que dedica cientos millones de dólares a su National Nanotechnology Initiative.

En España, los científicos hablan de “nanopresupuestos”. Pero el interés crece, ya que ha habido algunos congresos sobre el tema: en Sevilla, en la Fundación San Telmo, sobre oportunidades de inversión, y en Madrid, con una reunión entre responsables de centros de nanotecnología de Francia, Alemania y Reino Unido en la Universidad Autónoma de Madrid. Las industrias tradicionales podrán beneficiarse de la nanotecnología para mejorar su competitividad en sectores habituales, como textil, alimentación, calzado, automoción, construcción y salud. Lo que se pretende es que las empresas pertenecientes a sectores tradicionales incorporen y apliquen la nanotecnología en sus procesos con el fin de contribuir a la sostenibilidad del empleo. Actualmente la cifra en uso cotidiano es del 0.2 %. Con la ayuda de programas de acceso a la nanotecnología se prevé que en 2014 sea del 17 %

en el uso y la producción manufacturera.

### *Ensamblaje interdisciplinario*

La característica fundamental de nanotecnología es que constituye un ensamblaje interdisciplinario de varios campos de las ciencias naturales que están altamente especializados. Por tanto, los físicos juegan un importante rol no solo en la construcción del microscopio usado para investigar tales fenómenos sino también sobre todas las leyes de la mecánica cuántica. Alcanzar la estructura del material deseado y las configuraciones de ciertos átomos hacen jugar a la química un papel importante. En medicina, el desarrollo específico dirigido a nanopartículas promete ayuda al tratamiento de ciertas enfermedades. Aquí, la ciencia ha alcanzado un punto en el que las fronteras que separan las diferentes disciplinas han empezado a diluirse, y es precisamente por esa razón por la que la nanotecnología también se refiere a ser una tecnología convergente.

*Una posible lista de ciencias involucradas sería la siguiente:*

- × Química (Moleculares y computacional)
- × Bioquímica
- × Biología molecular
- × Física
- × Electrónica
- × Informática
- × Matemáticas
- × Medicina
- × Nanoingeniería

## *Nanotecnología avanzada*

La nanotecnología avanzada, a veces también llamada fabricación molecular, es un término dado al concepto de ingeniería de nanosistemas (máquinas a escala nanométrica) operando a escala molecular. Se basa en que los productos manufacturados se realizan a partir de átomos. Las propiedades de estos productos dependen de cómo estén esos átomos dispuestos. Así, por ejemplo, si reubicamos los átomos del grafito (compuesto por carbono, principalmente) de la mina del lápiz podemos hacer diamantes (carbono puro cristalizado). Si reubicamos los átomos de la arena (compuesta básicamente por sílice) y agregamos algunos elementos extras se hacen los chips de un ordenador. A partir de los incontables ejemplos encontrados en la biología se sabe que miles de millones de años de retroalimentación evolucionada puede producir máquinas biológicas sofisticadas y estocásticamente optimizadas. Se tiene la esperanza que los desarrollos en nanotecnología harán posible su construcción a través de algunos significados más cortos, quizás usando principios biomiméticos. Sin embargo, K. Eric Drexler y otros investigadores han propuesto que la nanotecnología avanzada, aunque quizá inicialmente implementada a través de principios miméticos, finalmente podría estar basada en los principios de la ingeniería mecánica. Determinar un conjunto de caminos a seguir para el desarrollo de la nanotecnología molecular es un objetivo para el proyecto sobre el mapa de la tecnología liderado por Instituto Memorial Battelle (el jefe de varios laboratorios nacionales de EE.UU.) y del Foresigh Institute. Ese mapa debería estar completado a finales de 2006.

### *Futuras aplicaciones*

Según un informe de un grupo de investigadores de la Universidad de Toronto, en Canadá, las quince aplicaciones más prometedoras de la nanotecnología son:

Almacenamiento, producción y conversión de energía.

Armamento y sistemas de defensa.

Producción agrícola.

Tratamiento y remediación de aguas.

Diagnóstico y cribaje de enfermedades.

Sistemas de administración de fármacos.

Procesamiento de alimentos.

Remediación de la contaminación atmosférica.

Construcción.

Monitorización de la salud.

Detección y control de plagas.

Control de desnutrición en lugares pobres.

Informática.

Alimentos transgénicos.

Cambios térmicos moleculares (Nanotermología).

## *Aplicaciones actuales*

### *Nanotecnología aplicada al envasado de alimentos*

La conservación de los alimentos es una idea que viene desde los inicios de la historia humana. A partir de la edad prehistórica, la necesidad de mejorar la preservación del alimento mediante diferentes técnicas ha sido una característica del comportamiento humano. Fermentación, salinización, secado al sol, rostización, curado, irradiación, carbonación y la adición de preservantes químicos y físicos, se han desarrollado desde el inicio de la humanidad. Todos estos métodos tienen la misma idea central. Evidencia arqueológica soporta la idea que las técnicas de preservación fueron desarrolladas en las civilizaciones Greca, Romana y egipcia. Sin embargo, los diversos métodos presentan el desafío de mantener las condiciones originales por períodos de tiempo prolongados. Los métodos de envasado de alimentos tienen como objetivo asegurar la calidad de los alimentos para que permanezcan con sus propiedades de manera intacta. Los principales envases tienen como objetivo entregar protección física con el propósito de prevenir la contaminación de los alimentos con otros alimentos o con microorganismos. Los materiales de envasado están confeccionados preferentemente de materiales biodegradables, con el propósito de reducir la contaminación medioambiental. Esta idea se ha llevado a cabo gracias a la introducción de la nanotecnología. Una de las aplicaciones de la nanotecnología en el campo de envases para alimentación es la aplicación de materiales aditivados con nanoarcillas, que mejoren las propiedades mecánicas, térmicas, barrera a los gases, entre otras; de los materiales de envasado. En el caso de mejora de la barrera a los gases, las nanoarcillas crean un recorrido tortuoso para la difusión de las moléculas gaseosas, lo cual permite conseguir una barrera similar con espesores inferiores, reduciendo así los costos asociados a los materiales. Los procesos de incorporación de las nanopartículas se pueden realizar mediante extrusión o por recubrimiento, y

los parámetros a controlar en el proceso de aditivación de los materiales son: la dispersión nanopartículas, la interacción de las nanopartículas con la matriz, las agregaciones que puedan tener lugar entre las nanopartículas y la cantidad de nanopartículas incorporada. Los nanosensores ayudan a detectar cualquier cambio en el color de los alimentos y ayuda a la detección de gases dentro del producto. Estos sensores son usualmente sensibles a gases como el hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, óxido de nitrógeno, dióxido de sulfuro y amonio. Los nanosensores son dispositivos que procesan datos capaces de detectar cambios a nivel de luz, calor, humedad, gases y señales del tipo eléctricas y químicas. Las nanoemulsiones son utilizadas para producir alimentos para aderezo de ensaladas, aceites saborizantes, endulzantes y otros- Ayudan en la liberación de diferentes sabores con la estimulación que tienen relación con calor, pH, ondas de ultrasonidos. etc. Las nanoemulsiones pueden retener los sabores eficientemente y prevenir la oxidación y las reacciones enzimáticas. Las nanoemulsiones son creadas principalmente a través del compromiso de alta energía con homogeneización de alta presión, métodos de ultrasonido, chorros coaxiales líquidos de alta velocidad y métodos con dispositivos de alta velocidad. De forma similar, los métodos de baja energía, compromete emulsificación de membranas, emulsificación espontánea, desplazamiento de solventes, punto de inversión de emulsiones y mediante puntos de inversión de fases. Las nanoemulsiones son creadas por dispersión de la fase líquida en una fase acuosa continua. Los componentes que son utilizados para la creación de nanoemulsiones son del tipo lipofílicos.



## Conclusión

Nuestra conclusión es que la mecatrónica es algo que siempre va a estar constante avance ya que es una herramienta que todos necesitan, es un tema tecnológico de ingeniería que representa la combinación de varias ramas de ingeniería. En conclusión, la mecatrónica tiene la habilidad para incorporar el control microprocesador en sus diseños, será útil mirar los objetivos para hacer esto en la creación de los productos y sistemas que puedan considerarse mecatrónicos. Con base en la investigación realizada podemos concluir que la mecatrónica es una ingeniería que abarca todos los tipos de ingeniería por lo que su campo de aplicación es muy grande debido a la gran diversidad de ingenierías que lo componen todo en una misma, dando así una versatilidad mucho mejor ya que engloba lo mejor de cada una de ellas, aplicándolas todas juntas, en lugar de aplicarlas por separado como es tradicional. Lo que ha ocasionado grandes avances tecnológicos, por consecuencia de mecanismos automotriz que facilitan el desarrollo tecnológico. También podemos decir que la mecatrónica aparece en muchas actividades del ser humano, ya que es una ingeniería que se encarga principalmente en desarrollar nuevas innovaciones o avances tecnológicos todo esto para facilitar las tareas o actividades de un ser humano. De igual manera al combinar todas las ingenierías en una sola permite que esta razeone mejor lo más relevante de cada una de ellas lo que provoca que se obtenga lo mejor de cada una de ellas para así realizar procesos o sistemas más avanzados y mejores ya que se enfoca en siempre innovar para un desarrollo más sencillo y rápido a la hora de realizar todas las actividades que con lleva un ser humano. Siendo que tiene un campo tan grande de aplicación esta puede tener lugar en industrias automotrices utilizando todo tipo de maquinaria avanzada inteligente mente y de esta manera llegar un trabajo más eficiente.

La Ingeniería Mecatrónica es el mejor concepto de Ingeniería ya que abarca a casi todas las demás con el objetivo de hacernos la vida “más fácil”. Es una oportunidad para que cambie la forma de pensar y el enfoque sobre cuestiones tecnológicas. Nos abre las puertas a un nuevo camino de enseñanza para las nuevas tecnologías y de nuevas formas de adquirir conocimiento y habilidades. Es la capacidad de procesar y comunicar información con alto nivel de precisión y automatización. la ciencia ficción es el portal a través del cual visualizamos el futuro de una manera más clara, y la mecatrónica es aquella herramienta que utilizamos para llegar a ella (la evolución) por eso esta es tan importante, para mejorar el funcionamiento de y la calidad de vida en todos los campos de la ciencia y la tecnología. Finalmente podemos llegar a la conclusión de que la mecatrónica es un paso fundamental hacia el futuro automatizado que tanto ha deseado el ser humano.

---

## Bibliografía

- Robótica Industrial. Ing. Miguel D'Addario.
- Kyura, N. and Oho, H., "Mechatronics an industrial perspective," IEEE/ASME Transactions on Mechatronics.
- Introducción a la mecatrónica y los sistemas de medición. David Alciatore.
- Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. W. Bolton; trad. Francisco J. Rodríguez Ramírez.
- Mecatrónica  
Sabri Cetinkunt; trad. Javier León Cárdenas.
- Braxton, J. Contrasting perspectives on the relationship between teaching and research. New Directions for Institutional Research.
- Barrios-Aranibar D, Goncalves L Y Alsina. Learning by Experience and by Imitation in Multi-Robot Systems, Frontiers in Evolutionary Robotics.
- Barrios-Aranibar D. Estratégias Baseadas em Aprendizado para Coordenação de uma Frota de Ro- bôs em Tarefas Cooperativas.
- Barrios-Aranibar, Dennis; Goncalves, Luis M. G.; Alsina, Pablo J. Learning by Experience and by Imitation in Multi-Robot Systems. En: International Journal of Advanced Robotic Systems.
- Borbey A, Caballero R, Galán R y Sanz Bobi J. A fuzzy logic inference approach for the estimation of the passengers flow demand. In Proceedings of the International Conference on Fuzzy Computation and 2nd International Conference on Neural Computation.
- FUNTEC, Diagnóstico y Prospectiva de la mecatrónica en México.
- Guzdial, M. Learner-Centered Design of Computing Education: Research on Computing for Everyone.
- Jiménez E, García L., Núñez E, Bojorquez G, Navarro L, Juárez H, Luna G, Amavizca L. Experiencias en investigación y docencia en la carrera de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad la Salle Noroeste. "Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering to Enhance a Country's Productivity".
- Orler J. Docencia- Investigación: ¿Una relación antagónica, inexistente o necesaria? Academia.
- Poikela, E. & Poikela, S. Concepts of learning and the implementation of Problem-based learning. Zeitschrift für Hochschuldidaktik, Special Issue. Problem- based learning: theory, practice and research.

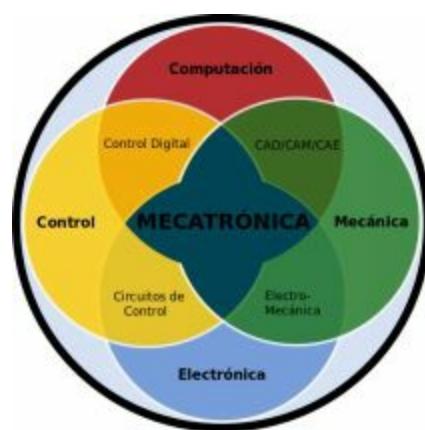
-Rietdijk, J. Ten propositions on mechatronics, en Mechatronics in Products and Manufacturing Conference. Inglaterra: Lanceter

-Sotomayor, B. Grid Computing. Un nuevo paradigma de computación distribuida.

---

# MECATRÓNICA

## Procesos, métodos y sistemas



# **Ing. Miguel D'Addario**

Primera edición  
Comunidad Europea  
2018