

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN A LA 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 Última 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



Se dice que Arquímedes planteó la Ley de la Hidrostática mientras se bañaba, al comprobar que el agua se desplazaba y se desbordaba.



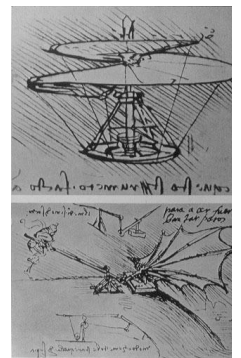
Aelipila, máquina de vapor giratoria, marcando el principio de funcionamiento de la máquina de vapor.

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 3ª 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 2ª 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.



El tornillo aéreo (Arriba), 1486, considerado como el antecesor del helicóptero. (Abajo) Experimento sobre la fuerza de sustentación de un ala.



La idea de que Newton descubrió la Ley gravitacional Universal al caerle una manzana encima, fue introducida por Voltaire, quien dijo que escucho el anécdota de una sobrina suya.

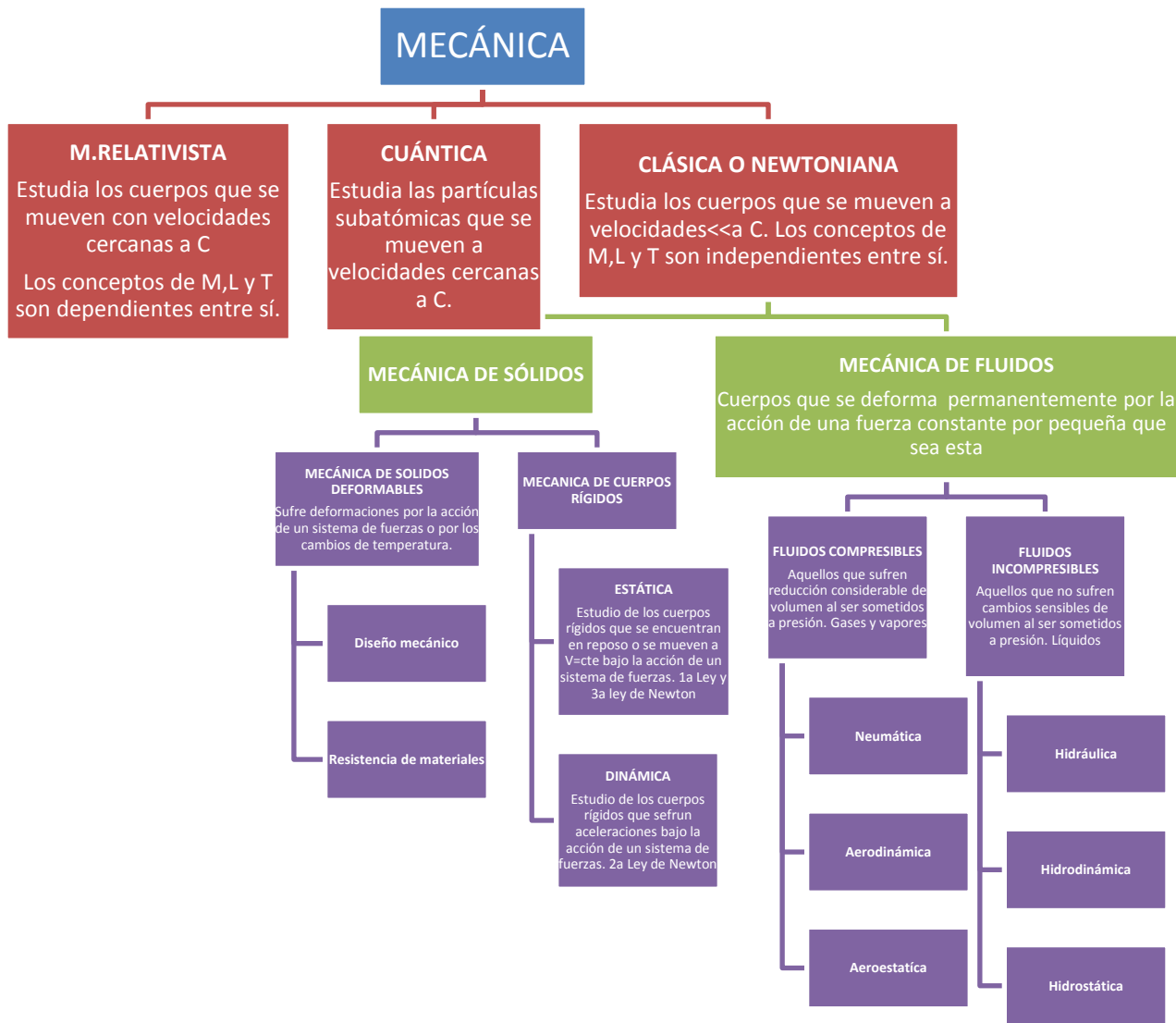


Figura. Clasificación de la Mecánica

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.

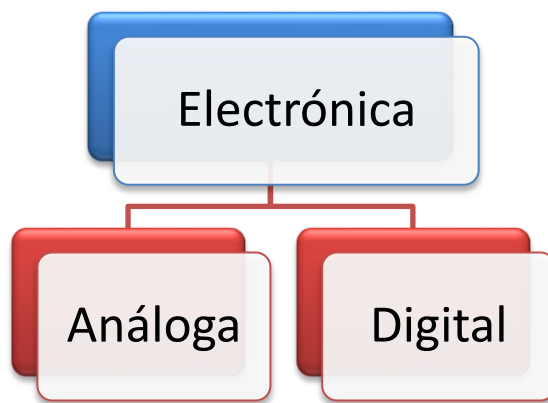


Figura. Ramas fundamentales de la electrónica

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 análoga 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.

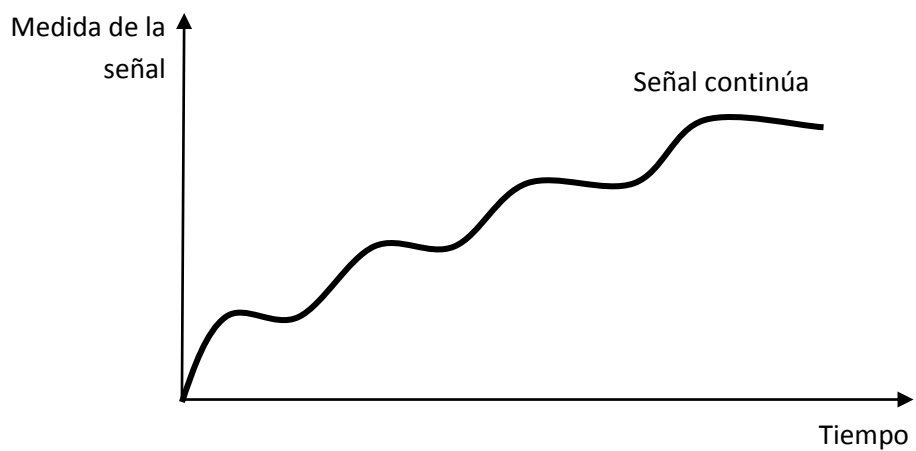
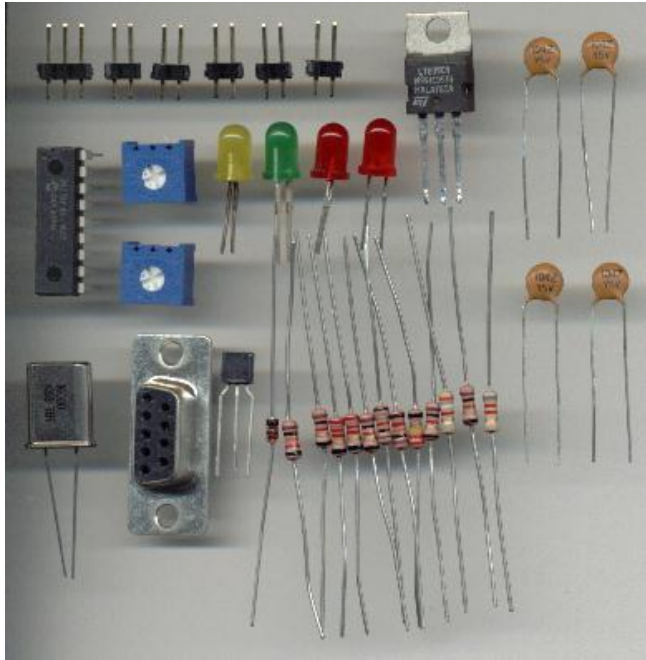


Figura. Figura característica de una señal análoga

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 Herzios a 20 Kiloherzios) 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.

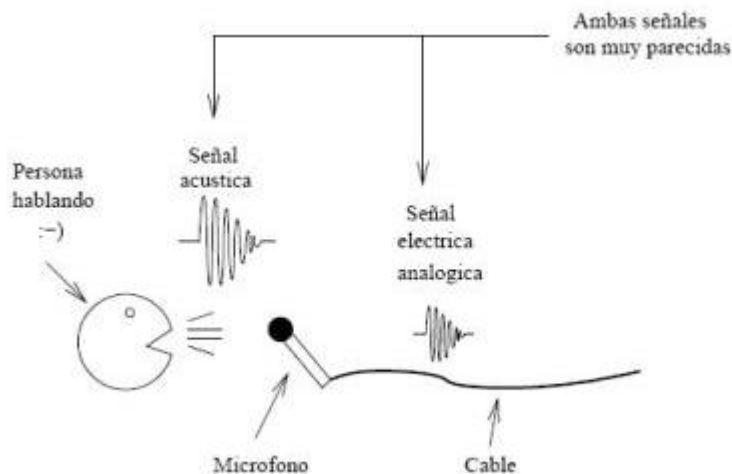


Figura. Señal acústica convertida en señal eléctrica

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.

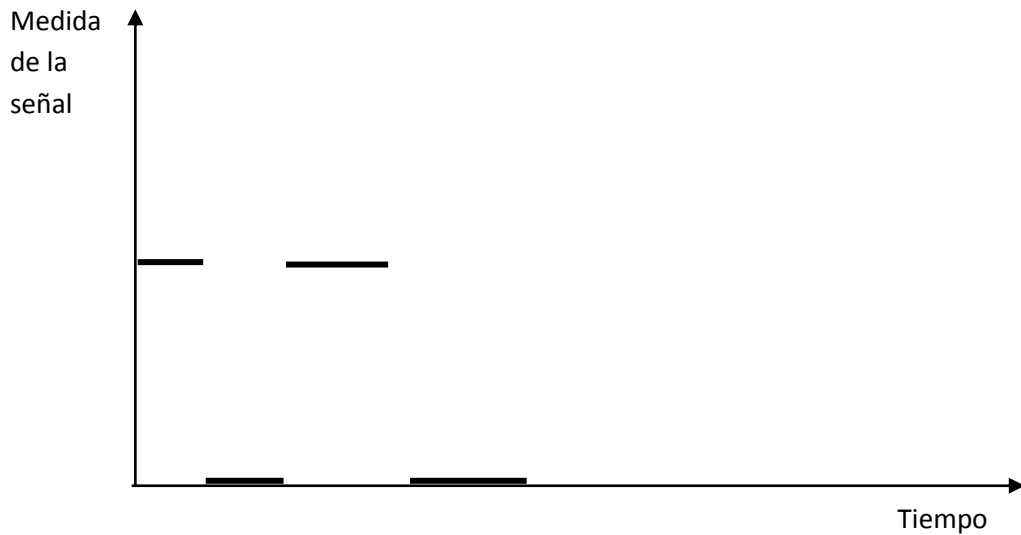
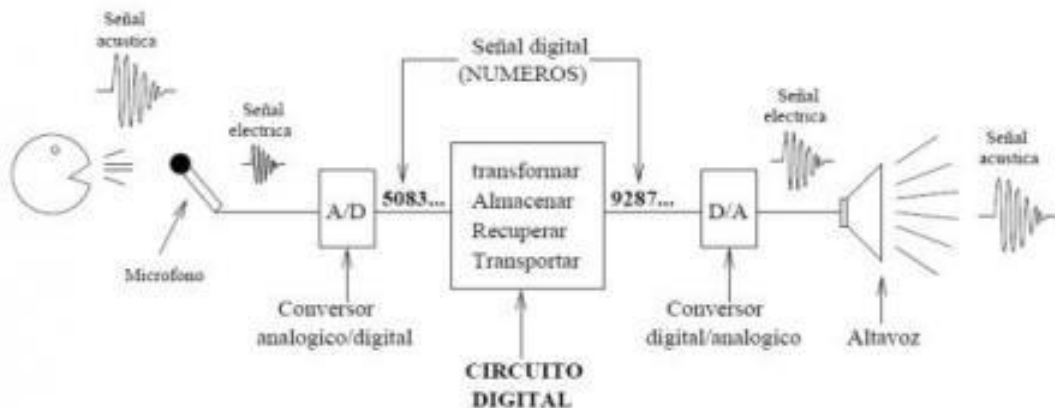


Figura. Figura característica de una señal discreta



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 número de valores superiores a 200. Una vez hecho esto se guarda la secuencia numérica en un CD lista para se 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.

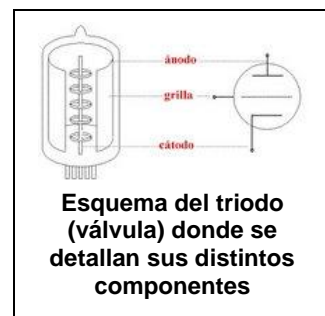
Más adelante Bell Labs convertía esos transistores de tubos en interruptores eléctricos, desatando una serie de pujas y rivalidades entre los involucrados en el tema. Pero lo cierto es, que, gracias a este trascendental invento, hoy en día puede usted leer esta información en una pantalla de computadora.

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.



Primer circuito integrado (1958) inventado por J. Kilby de Texas Instruments. Por primera vez se incluyeron varios componentes electrónicos en un único dispositivo.



El primer microprocesador fue el 4004 de Intel, con cerca de 2300 transistores. Fue diseñado por F. Faggin en 1971.



El Pentium IV de Intel, creado en el año 2000, contiene unos 10 millones de transistores.

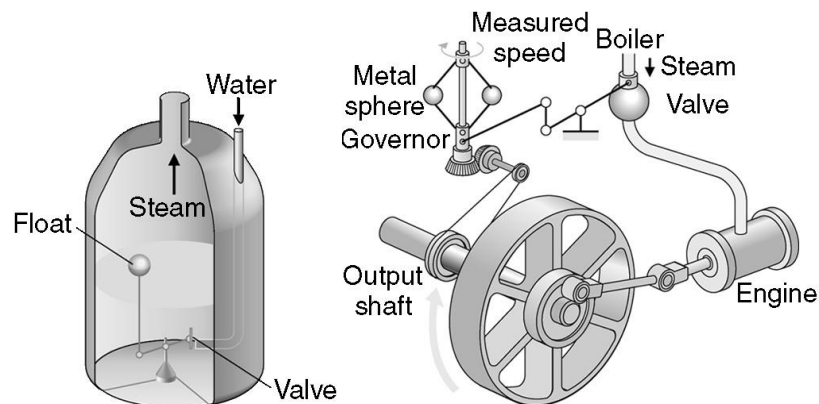
Todos estos desarrollos respondieron en cada caso al intento de resolver un problema concreto atacado tanto del punto de vista teórico como experimental. Muchos de los físicos que participaron en esta aventura del transistor y en sus desarrollos posteriores dieron lugar al nacimiento de nuevas invenciones (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.

1ª Revolución industrial: Revolución industrial (mediados 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



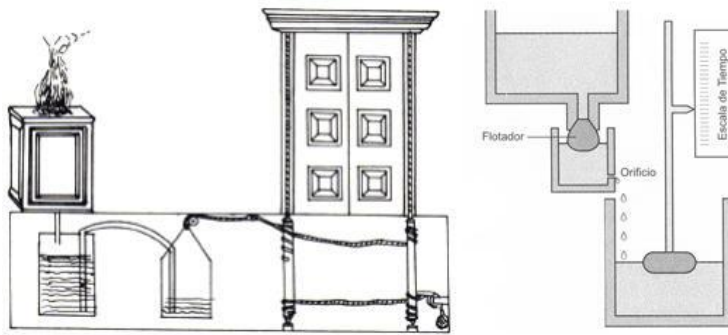


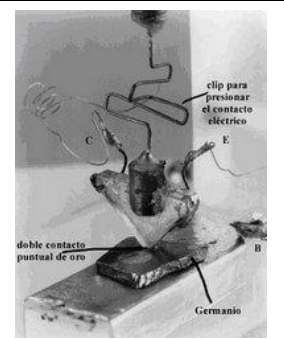
Figura 2. Control de nivel, máquina de vapor con control mecánico de velocidad, mecanismo de Herón, reloj de agua de Tsibios.

2ª Revolución industrial:

Apareció el transistor semiconductor
Computador digital

3ª Revolución:

Era de la información



Fotografía del primer transistor construido por W. Shockley, J. Bardeen y W. Brattain en diciembre de 1947 (Foto: bellsystemmemorial.com)

1.1 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.

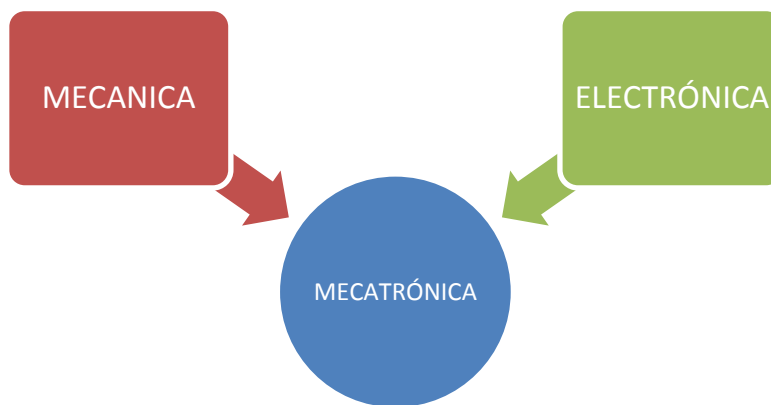
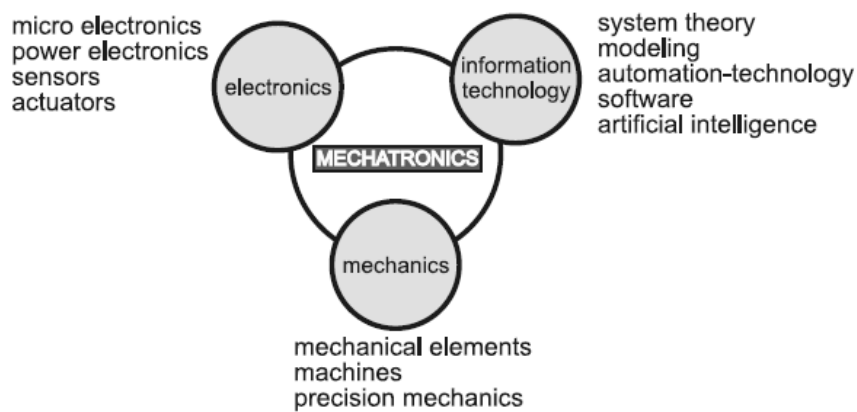


Figura. Surgimiento de la palabra mecatrónica

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 cinemática 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.**



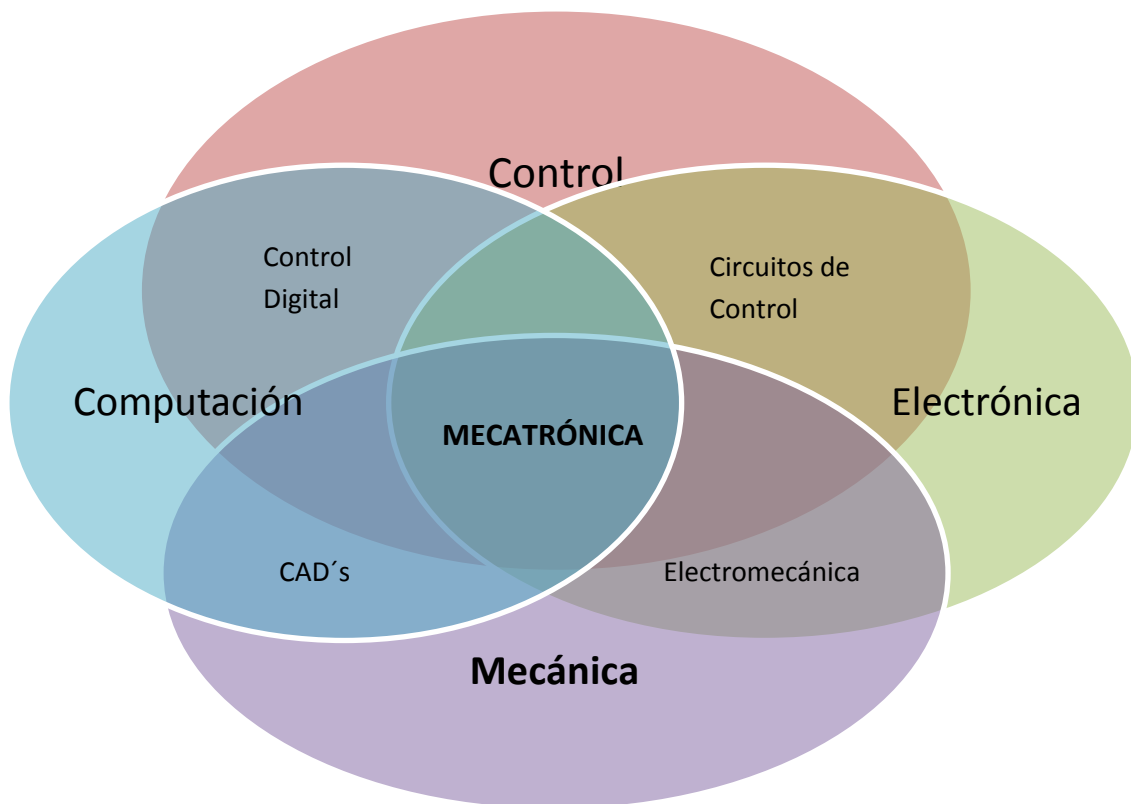


Figura 1. Integración sinérgica de diferentes disciplinas.

1.2. 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

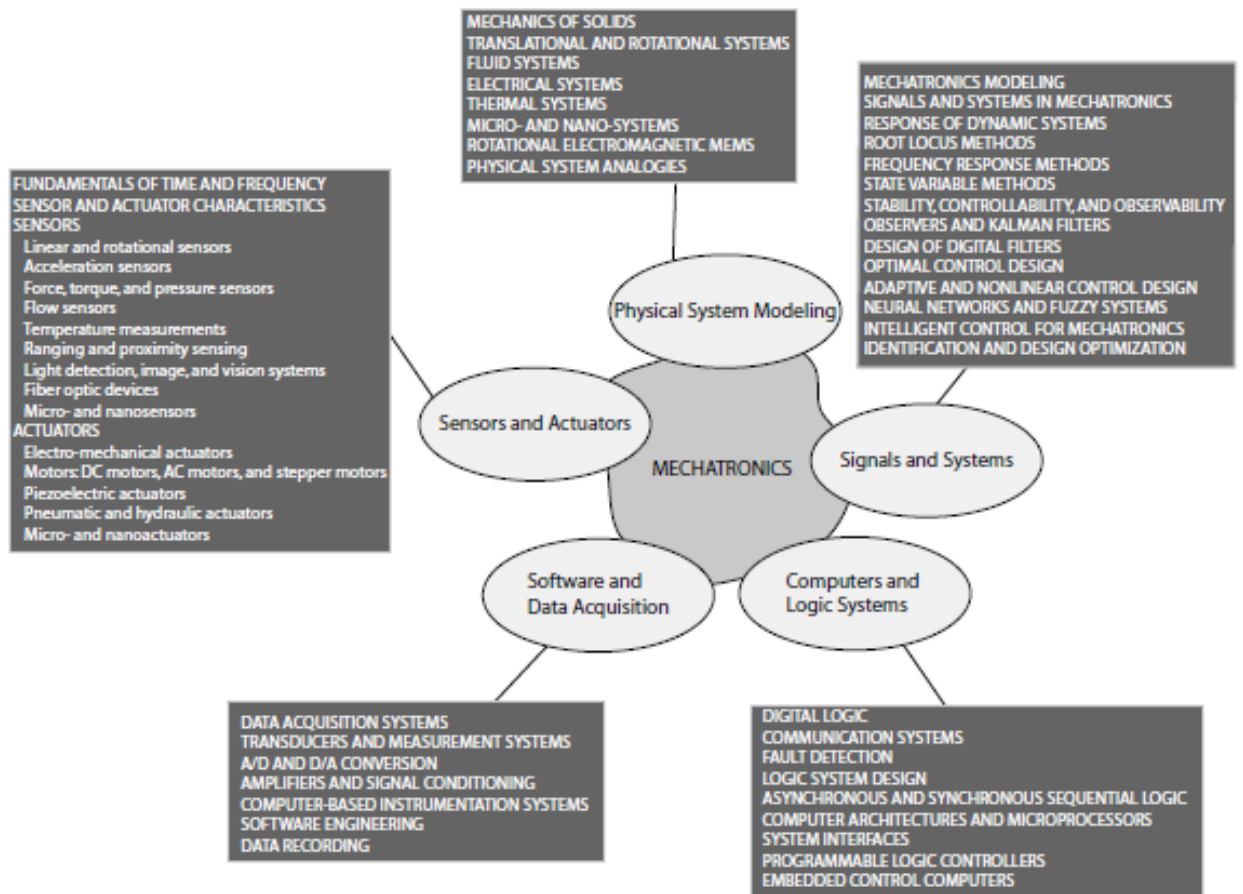


Figura. División principales áreas de la mecatrónica

A finales de 1970, la Sociedad Japonesa para la Promoción de la Industria de Máquinas (JSPMI) clasificó los productos mecatrónicos en cuatro categorías [1]:

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.

1.2.1 Historia de los sistemas mecatrónicos

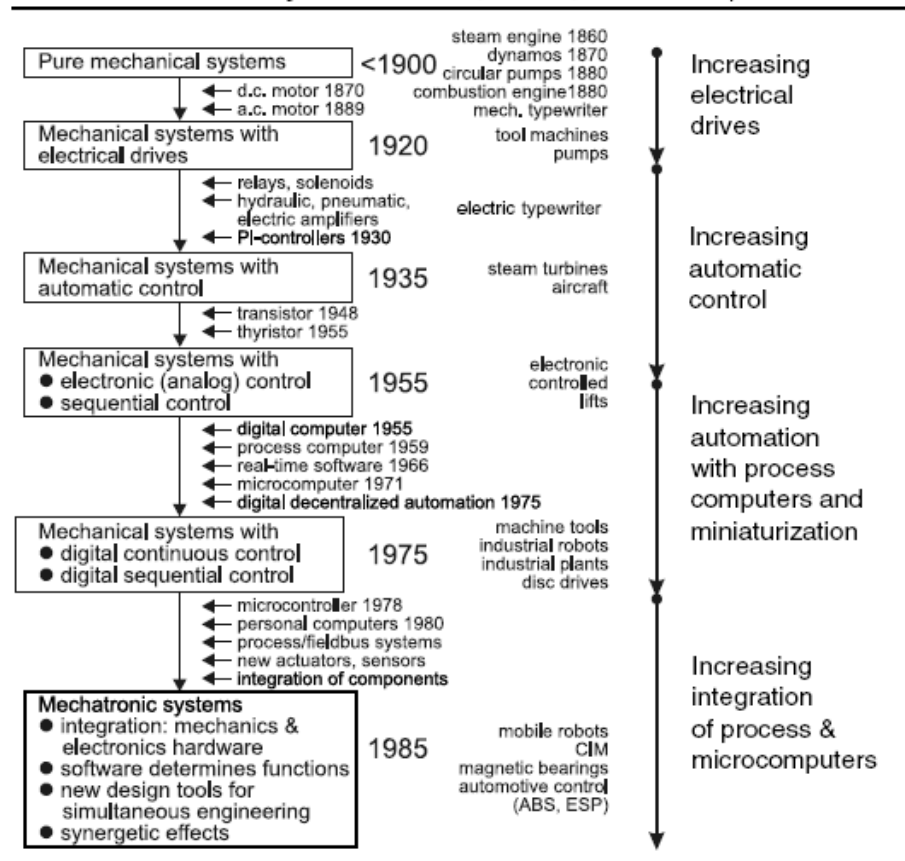


Figura. Desarrollo histórico de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos

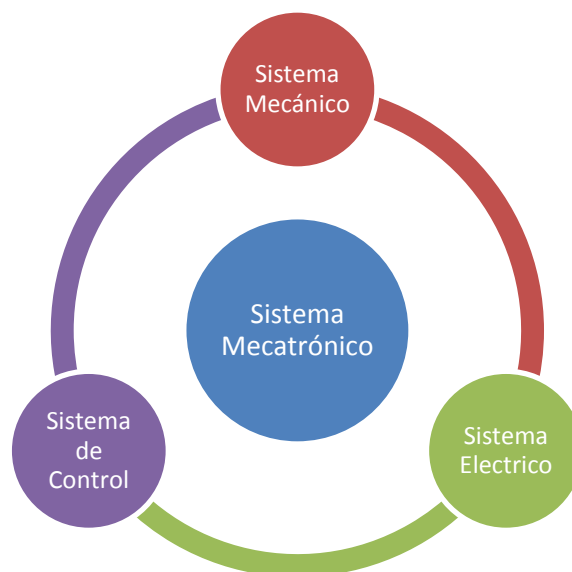
1.3. Diseño mecatrónico, componentes de un sistema mecatrónico y campos de aplicación

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

BIBLIOGRAFÍA

Kyura, N. and Oho, H., "Mechatronics—an industrial perspective," IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 1, No. 1, 1996, pp. 10–15.