

# La Máquina moderna y su evolución histórica

Oscar Rondón Matheus

1.1 La máquina moderna va a tener su origen en la máquina artesanal y ha evolucionado a través de ajustes y perfeccionamientos hasta lograr las conquistas técnicas actuales en donde se apoya y gira la sociedad moderna civilizada.

Los trabajos más antiguos referentes a los inicios de fabricar máquinas provienen de la sociedad esclavista y se debe a Heron de Alejandría, Arquímedes de Siracusa, Philon de Bizancio, Marcos de Vitruvio y muchos otros.

La primera definición de que tengamos noticia de término máquina es del libro décimo del tratado del mecánico romano Marcos de Vitruvio y dice: Las máquinas sirven solamente para el transporte de cargas. Dicho en otros términos son dispositivos tales, que para emplearlos, el hombre debe suministrar la fuerza motriz mediante la aplicación de su propia energía muscular, ejemplos los elevadores de agua para la irrigación y los trabajos de minería, monta cargas, guinches, etc. Marx, en carta a Engels de 28 de febrero de 1863 expresó "Las máquinas son aquellas en la que el hombre desempeña el papel de motor". Es interesante señalar que en la definición de Vitruvio se nota por completo la relación mutua entre el obrero y la máquina.

En los comienzos de la sociedad capitalista, que se remonta al siglo XVI, se utilizaron de manera esporádica algunas máquinas típicas. En algunas obras de la mecánica práctica de los siglos XVI y XVII, de los mecánicos artesanales Agrícola (1556), Branca (1629), Biringucio, Besson, Zonca, etc., se halla una detallada descripción de las máquinas. Cada máquina se considera como algo independiente, totalmente nuevo y diferente de otras máquinas. Hasta el siglo XVIII se mantuvo ésta definición, donde se ignoraba también el conjunto de partes, que por separado constituyen hoy en día los mecanismos.

A principio del siglo XVIII, Zeissing en su tratado de máquinas ofrece la siguiente definición: "Estructura de madera, que presta valiosos servicios para el transporte de cargas". Sí comparamos esta definición con la de Marco Vitruvio, se puede notar, que se ha retrocedido en la definición general de máquinas, ya que Vitruvio no se limitaba al material que era de madera al cual se debía construir la máquina. En el mismo siglo XVIII, en el año 1724, el mecánico artesanal Leupold, parece haber sido el primer escritor, que separó a los mecanismos simples de las máquinas y de manera accidental.

Este concepto comprende una noción mas amplia y general de la máquina, pero no toca el aspecto cinemático.

Leupold, analizó diferentes partes de las máquinas desde el punto de vista de la función, que le corresponde en la transformación del movimiento en otro. Esta postura puede ser comprendida por el hecho histórico de que la máquina se estudiaba como parte de la física en un sentido amplio.

En el mismo siglo XVIII, se crea una disciplina autónoma denominada *teoría de mecanismos* y alcanzó su éxito en Francia. En 1781, Coulomb, escribe su *Teoría de Máquinas Simples*. En ese mismo año Gaspar Monge ( 1746-1818) inventor de la Geometría Descriptiva, mantenida en secreto por el gobierno Francés durante 30 años, demostró que las máquinas mas complejas pueden reducirse a un corto número de mecanismos simples y elementales. En 1794, Monge funda la escuela politécnica de París y es cuando definitivamente se hace un tratamiento por separado a los mecanismos y es donde se dan los cursos de la teoría de mecanismos y se incluyen los estudios de los elementos de máquinas y los métodos de transformación de las fuerzas motriz respecto a sus magnitudes y direcciones. Colaboran en esta escuela hombres de la talla de Carnot, Hachette, que completó el trabajo de Monge y lo publicó como el primer texto de mecanismos, 1811, y muchos otros, dándole prestigio universal a esa escuela politécnica y a los trabajos sobre mecanismos y máquinas, que allí tienen origen. En forma simultánea se fundaron en otros países otros institutos técnicos de ingeniería, que se encargaron del estudio de estas cuestiones. En los comienzos del siglo XIX se publican los trabajos de Poncelet sobre mecánica aplicada, física y experimentación, seguidas por investigaciones análogas en ciencias básicas de ingeniería de máquinas por Coriolis, Navier y otros.

En 1818, el Francés Borguis aportó el esquema, que se haría universalmente familiar al considerar a las máquinas divididas en tres grandes grupos o partes:

- 1.- Las partes que reciben los esfuerzos (receptor de energía)
- 2.- Las partes que los transmiten (el comunicador o trasmisor de movimiento)
- 3.- Las partes que realizan el trabajo (herramientas)

Revisten de gran importancia las obras de Ampere, que 1883, utilizó el término cinemática, derivado del griego como movimiento y escribió "La ciencia de los mecanismos por consiguiente, no debe definir una máquina, como en general se ha hecho, como un instrumento, mediante el cual se puede modificar la dirección y la intensidad de una fuerza dada, sino como un instrumento mediante el cual se puede modificar la dirección y velocidad de un movimiento dado. A esta ciencia.... le he dado el nombre de Cinemática". Esta describe el estudio del movimiento, al omitir las fuerzas y sugirió que esta ciencia básica de ingeniería mecánica tiene que incluir todo lo que se puede decir con respecto al movimiento en sus diferentes clases independiente de las fuerzas mediante las cuales se produjo el movimiento. También la clasificación de los mecanismos del inglés Willis, Robert (1800-1875) en 1841 escribió el texto *Principios de los Mecanismos*, mientras se desempeñaba como profesor de filosofía natural en la universidad de Cambridge. Intentó sistematizar el método de síntesis en los mecanismos; obtuvo cinco formas de obtener movimientos relativos en los eslabones de entrada y salida a través de:

- 1.- Contacto rodante
- 2.- Contacto deslizante
- 3.- Eslabonamientos
- 4.- Conectores envolventes (cadenas, correas)
- 5.- Polipastos (malacates de cuerdas o cadenas)

En esa misma época Laoulaye, en 1840, presentó los escritos acerca de la teoría de máquinas. En 1869, Ranquine consideraba a la máquina como hechas de un bastidor y de piezas móviles.

En 1875, el alemán Reuleaux (1829-1905) publicó su teoría cinemática, que expone los principios básicos, alcanzando un alto nivel de estudio. Esta teoría constituye la médula y la base de la ciencia de las máquinas de esa época y su definición de máquina es altamente instructiva: "La máquina consta de una reunión de órganos o cuerpos resistentes, está hecha, que a través de ella resulta posible hacer que las fuerzas mecánicas naturales ejecuten determinados trabajos".

En 1876, después de publicar su obra titulada "La cinemática de las máquinas expone: La máquina es como una combinación de cuerpos resistentes por medio de las cuales las fuerzas mecánicas de la naturaleza pueden ser obligadas a realizar trabajos acompañados de ciertos movimientos determinados. Reuleaux, menciona otras 28 definiciones dadas por destacados mecánicos e ingenieros a las cuales hace el comentario de ser descriptivas, pero que no van a lo esencial. También menciona la concepción de Poncelet, la cual adquirió firmes raíces en la educación de la mecánica en Francia. Además señaló como Borguis, reconocía en una máquina completa los tres grupos de partes, que realizan trabajo mecánico. Muchas de sus ideas todavía están actualizadas y son útiles. En 1876 el inglés W. Alexander Kennedy tradujo el libro de Reuleaux del Alemán al idioma inglés. Este texto llegó a ser el fundamento de la cinemática moderna y se imprime actualmente. Allí Reuleaux, aportó el concepto de junta o par cinemático cuya forma geométrica e interacción define el tipo de movimiento transmitido por los mecanismos. También definió seis (6) elementos mecánicos básicos:

- 1.- El eslabón
- 2.- La rueda
- 3.- La leva
- 4.- El tornillo
- 5.- El trinquete
- 6.- La banda

1.2 También definió los pares superiores e inferiores, los superiores tienen un contacto lineal o de punto, los inferiores tienen un contacto superficial. También aportó la notación simbólica de los eslabonamientos utilizados en los textos de teoría cinemática moderna.

En el siglo XX podemos mencionar que antes de la segunda guerra mundial la mayor parte de trabajo teórico sobre cinemática se realizó en Europa, principalmente en Alemania. Algunos resultados de estas investigaciones estuvieron disponibles en Inglaterra. En 1917 el ruso Stoliarov, publicó un libro titulado: *Ensayo de una clasificación racional de mecanismos*, y expone: "A cien años de la primera clasificación de los mecanismos, estamos todavía frente al problema, que no ha recibido respuesta adecuada, de la duplicidad en los conceptos de la esencia cinemática de las máquinas. Por un lado están los numerosos adeptos de las ideas de Mongue y de Willis cuya base de concepción de los mecanismos es los movimientos relativos de sus partes tomados independientemente y por el otro lado la escuela de Reuleaux que sólo acepta como causa de transformación de sus movimientos la forma geométrica de los elementos cinemáticos que integran los órganos".

En Estados Unidos, la cinemática fue ignorada hasta 1940, cuando A. De Jong escribió un texto sobre cinemática y mecanismos, lo que hizo que las instituciones educativas de la ingeniería mecánica en E.E. UU, prestaran atención a los logros Europeos en este campo. Desde entonces, se ha realizado muchos trabajos en síntesis cinemática por ingenieros e investigadores europeos y norteamericanos, tales como: Hartenberg, R. S.; Denavit, J.; Erdman, A.; Sandor, G.; Freudenstein, F.; Artobolevsky, I. I. (ruso); Hain, K. (alemán). Muchos investigadores en E.E.U.U.

han utilizado la computadora para resolver problemas sin solución, tanto de síntesis como de análisis de mecanismos y aplicaron muchas de las teorías de sus precursores, como el profesor Erdman A.

Actualmente, en los textos de ingeniería mecánica, que corresponde a los diseños de elementos de máquinas, mecanismos y máquinas, se define así:

- Ham, C.W.; Crane, E.J.; Rogers, W.L.: *Mecánica de Máquinas*, Mc GrawHill, 4ª Edición, New York, 1964.

La máquina es una combinación de cuerpos rígidos o resistentes agrupados y conectados de tal modo que tenga entre si movimientos relativos determinados y transmitan fuerzas desde la fuente de energías a la resistencia a vencer.

- Zinoviev, V.: *Teoría de los mecanismos y máquinas*. Editorial Mir, 1969 Moscú. "se llama mecanismo al sistema de eslabones unidos recíprocamente y destinados a realizar el movimiento requerido".

"Se llama máquina el mecanismo o el conjunto de mecanismos destinados a realizar un trabajo útil, relacionado con la producción y transformación de la energía o transporte.

-Tedeschi, P.: *Proyecto de máquinas*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina, 1979.

Máquina: Es todo conjunto mecánico completo y autónomo, destinado a efectuar una transformación energética o a realizar una operación tecnológica.

-Shigley, J.E.; Hickers, J.J.: *Teoría de máquinas y mecanismos*, 1988, Mc Graw- Hill, México. Expone la definición de Reuleaux:

Mecanismo: Es una combinación de cuerpos resistentes conectado por medio de articulaciones móviles para formar una cadena cinemática cerrada con un eslabón fijo, y cuyo propósito es transformar el movimiento.

Máquina: Es una combinación de cuerpos resistentes de tal manera, que por medio de ellos, las fuerzas mecánicas de la naturaleza pueden encausar para realizar un trabajo acompañado de movimientos determinados.

-Norton Robert: *Diseño de maquinarias - Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. Tercera edición, Mc Graw Hill, 2005 México.

Mecanismo: Es un dispositivo, que transforma el movimiento en un patrón deseado y por lo general desarrolla fuerzas muy bajas y transmite poca potencia.  
Ejemplo: Un sacapuntas, un reloj, una silla plegable, un paraguas, una lámpara de escritorio ajustable.

Máquina: Es un dispositivo, que contiene mecanismos que están diseñados para producir y transmitir fuerzas significativas. Ejemplos: un procesador de alimentos, La puerta de la bóveda de un banco, la caja de transmisión de un automóvil, un robot, un juego mecánico de un parque de diversión.

Norton, expresa que no existe una clara línea divisoria entre mecanismo y máquina. Si las fuerzas o niveles de energía en el dispositivo son significativas, se considerará como una máquina, de lo contrario es un mecanismo.

En el libro *Diseño de Máquinas*, Robert Norton expone que una máquina puede definirse de muchas maneras, entre ellas las dos siguientes:

- 1.- Aparato formado de unidades interrelacionadas (elementos mecánicos).
- 2.- Dispositivo, que modifica una fuerza o un movimiento (crean movimientos y generan fuerzas)

La tarea del ingeniero diseñador de máquinas es definir y calcular movimientos, fuerzas y cambios de energía a fin de determinar el tamaño, las formas y los materiales necesarios para cada uno de los componentes interrelacionados.

-Calero Pérez, Roque; Carta González, J. A.: *Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros*. Mc Graw Hill, 1999, Madrid, España.

Aquí, se expone lo siguiente: No, se ha podido definir con claridad lo que se entiende por máquina. Ni siquiera los especialistas en este campo han llegado a una definición clara y única de este concepto, debido a su complejidad y a los diferentes enfoques que se le puede dar a la máquina.

El diccionario de la Real Academia Española de la lengua expresa: Máquina es cualquier artificio, que sirve para aprovechar, dirigir o regular la acción de una fuerza.

Según Reuleaux "Máquina es una combinación de sólidos resistentes dispuestos de manera , que obligan a las fuerzas de la naturaleza a efectuar trabajo produciendo ciertos movimientos respuestas en función de movimientos de entrada ejecutados y previstos".

Modernamente, la máquina se considera como el resultado de un diseño (de una construcción) en el que interviene dos grupos de factores:

- 1.- Naturaleza mecánica (las piezas y los mecanismos, que las constituyen).
- 2.- Naturaleza no mecánica (estética, mercados, impacto social, régimen político imperante, etc.)

Ambos conjuntos de factores 1 y 2 hacen que las máquinas modernas adquieran diversas configuraciones y características según el entorno socio-político y económico en el que se diseñan, construyen y se utilizan.

- Erdman, A.; Sandor, G.: *Diseño de mecanismo- Análisis y Síntesis*. Tercera Edición, Prentice Hall, 1998, Mexico.

Mecanismo: Es un dispositivo mecánico, que tiene el propósito de transferir el movimiento y /o la fuerza de una fuente a una salida.

Eslabonamiento: Consiste en barras, generalmente consideradas rígidas, conectadas por juntas para formar cadenas cinemáticas (lazos abiertos o cerrados).

Cadenas cinemáticas: Son mecanismos, que tienen como mínimo un eslabón fijo, o estructura, si no hay movilidad alguna.

Es decir, el mecanismo permite el movimiento relativo entre sus eslabones considerados rígidos.

La estructura, no permite el movimiento relativo entre sus eslabones.

Para finalizar ésta sesión, debemos señalar que los conceptos y definiciones a través de la historia del origen, evolución, perfeccionamiento y conquista de la ingeniería moderna, no han sido satisfactoria para el momento en que se quiera hacer una clara diferencia de la máquina moderna y sus apoyos.

**Ing. Oscar Rondón Matheus**  
[idedmaq\\_@hotmail.com](mailto:idedmaq_@hotmail.com)