



UPV EHU

EL CAMBIO TÉCNICO. LA PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Características de la Primera y Segunda revoluciones industriales

PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL		SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL
1770-1850	<i>CRONOLOGÍA</i>	1870-1930
Reino Unido	<i>PAISES PROTAGONISTAS</i>	Estados Unidos- Alemania
Máquinas de vapor, textiles, Siderurgia	<i>TECNOLOGÍA</i>	Industrias químicas, motores eléctricos, motores de combustión <i>interna</i> , acero
Hierro	<i>MATERIALES</i>	Aleaciones, materiales sintéticos, acero
Agua. carbón	<i>ENERGÍA</i>	Electricidad, petróleo
<i>Factory System</i>	<i>ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL</i>	Gran empresa. Sociedades Anónimas
División del trabajo, división por cualificación	<i>ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO</i>	Organización científica del trabajo (Taylor, Ford), mano de obra semicualificada.

PRINCIPALES CAMBIOS TECNOLÓGICOS

La máquina de vapor

Introducción

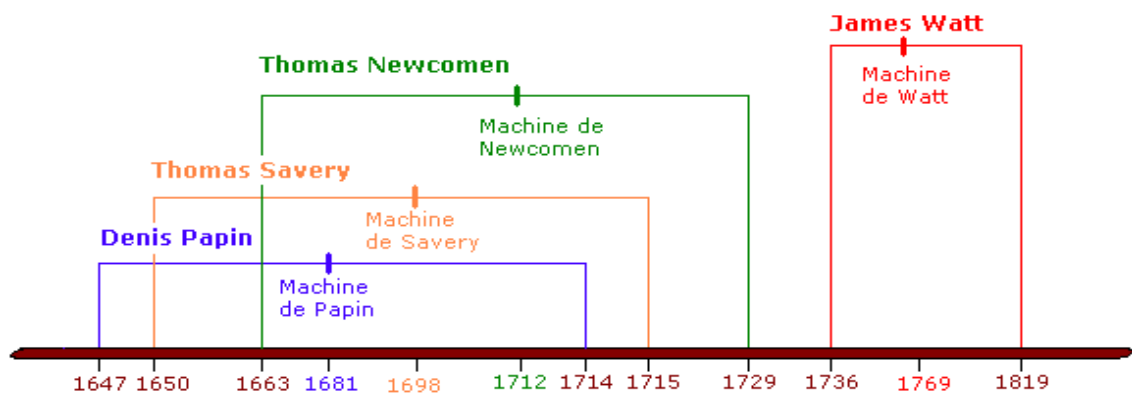
La primera mitad del siglo XVIII marca el comienzo real de la tecnología y la ciencia del calor. Desde entonces quedó demostrado que el calor podía ser empleado para hacer trabajo útil, reemplazando el trabajo hecho por hombres, caballos, viento o caídas de agua. Las dos ideas teóricas más importantes que se desarrollaron antes de 1750 fueron

- que el calor podía ser conservado,
- y la distinción entre cantidad de calor (entalpía) y calidad de calor (temperatura).

Ambos conceptos fueron usados en forma teórica y práctica al desarrollar la máquina de vapor.

Comparativamente había pocas fuentes de energía disponibles hacia 1800:

Hombre (moviendo un eje)	30-60 W.
Caballo (moviendo un molino)	300- 450 W.
Rueda de agua (de 6 metros)	1.5-3.8 Kw.
Molino de viento (holandés grande)	1.5- 10.5 Kw.
Maquina de Watt (500 en uso para 1800)	11- 30 Kw.



A comienzos de siglo, las ideas de calor y trabajo no habían sido desarrolladas pero si la del trabajo mecánico: un caballo, usando un buen arnés, podía claramente hacer más trabajo que un ser humano, y tanto los molinos de agua como de viento eran conocidos en toda Europa.

Ya en 1696, **Denis Papin**, profesor de matemáticas en Marburg, Alemania, sugirió usar la expansión y contracción del vapor para formar un vacío parcial detrás de un pistón; la presión del aire haría bajar el pistón cuando el vapor se condensara. Más tarde, en 1697, Papin invento una maquina que elevaba agua desde las minas por la fuerza del fuego.

Sin embargo, fue en Inglaterra, más que en Europa continental, donde la necesidad de trabajo se hizo más patente. Los bosques de Inglaterra estaban considerablemente reducidos. Había una importante demanda por carbón para calefacción y, después de 1709, para conversión del carbón en coke para el proceso del hierro. Las minas de carbón estaban entonces (y lo están todavía) expuestas a filtraciones de agua desde la superficie hacia la mina. Esta agua tenía que ser removida, y en muchos casos eso solo podía hacerse levantando tastos llenos con agua amarrados a una cuerda hacia la superficie. Así, el trabajo se empezó a medir en términos de libras-pie, que es la cantidad de trabajo

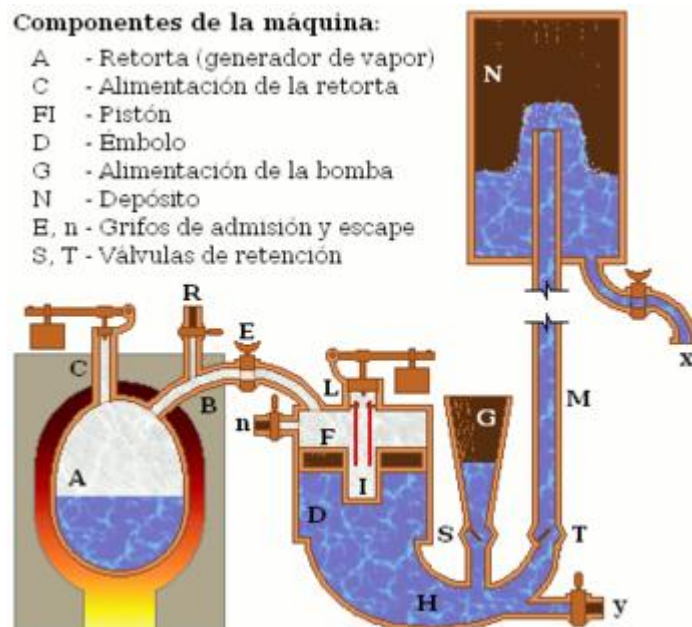
necesaria para elevar una libra de agua (u otra masa cualquiera) un pie contra la fuerza de gravedad. En Inglaterra, esto puede haberse debido a la sugerencia de Thomas Savery, alrededor de 1700.

La máquina de Savery

La máquina de Savery tuvo una breve historia. Inventada en 1698 por el capitán **Thomas Savery**, empezó a ser reemplazada por la maquina de Newcomen a partir de 1712, y ya en 1730 dejó de ser usada. El único uso de esta maquina fue de bombear agua fuera de las minas, en lo cual reemplazo a los caballos. Era una maquina atmosférica, es decir, la potencia era provista por la presión de la atmósfera (no tenía pistón).

<http://historiantes.blogspot.com.es/2007/03/la-mquina-de-vapor-revisar.html>

Como consecuencia podía elevar agua solo alrededor de 32 pies, que es la altura a la cual la



presión de una columna de agua iguala a la de la atmósfera. El agua puede ser forzada más alto hacia una reserva por la presión del vapor, pero entonces toda la presión del vapor aparece en el calentador, y al crecer la elevación crece la presión resultante en el calentador haciéndose muy peligrosa. La máxima presión adicional era probablemente de alrededor de 2 atmósferas, o otros 60 pies. Incluso esto podía producir que el calentador explotara.

El funcionamiento de la maquina era el siguiente: una válvula es abierta para llenar el cilindro con vapor. La válvula se cierra, y se abre otra válvula. El cilindro es enfriado por el agua, el vapor se condensa, y agua de una reserva más baja llena el cilindro. La segunda válvula es entonces cerrada, y se vuelve a abrir la primera válvula, siendo expelida el agua hacia la reserva superior a traves de las válvulas de un solo sentido. El proceso continua cerrando la válvula uno y abriendo la válvula dos, repitiendo el ciclo.

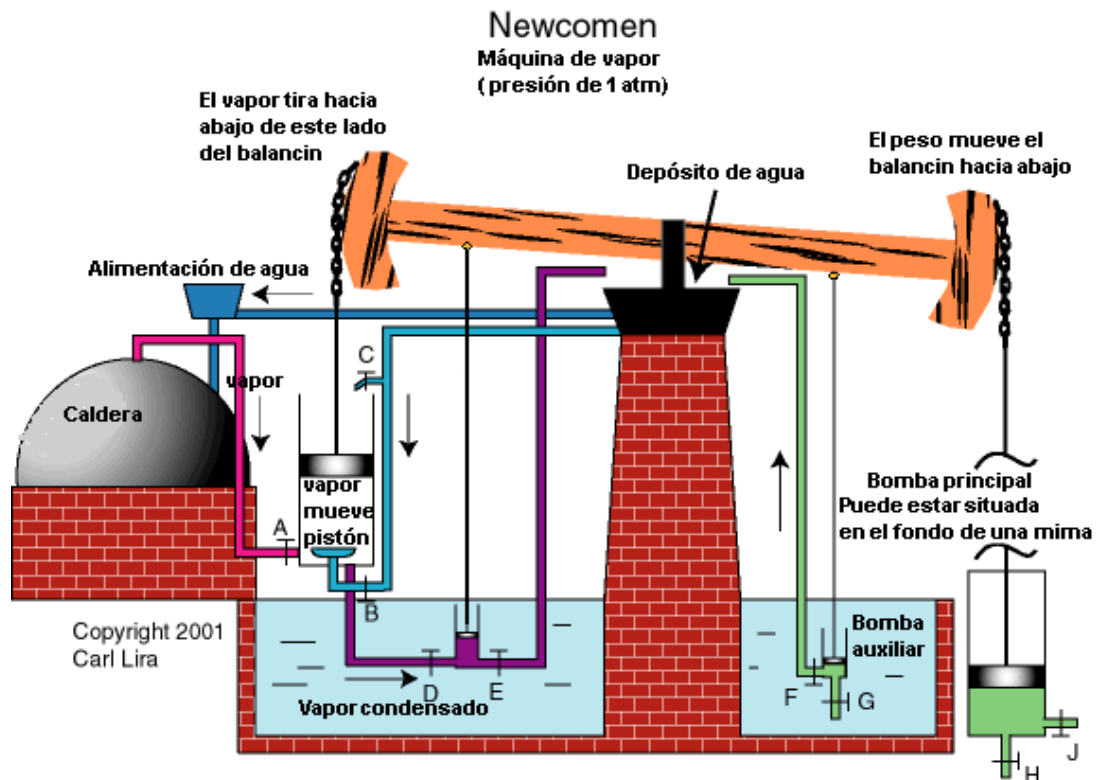
La máquina tiene la tendencia de llenarse de aire, ya que el aire disuelto en el agua es llevado hacia afuera por el calor en el calentador, y el aire no puede ser condensado por el agua fría. Este problema puede ser resuelto usando vapor a traves de la tubería principal hacia la reserva superior para sacar el aire acumulado.

Debido a las altas presiones que esta máquina requería es que fue reemplazada, ya que los metales de la época no podían soportar la presión necesaria.

La máquina de Newcomen

La máquina de Newcomen tuvo una vida útil más larga que la máquina de Savery, y fue mucho mas exitosa. Fue desarrollada por **Thomas Newcomen** en 1712, y comenzó a ser reemplazada, por la máquina de Watt, en 1770. Alrededor de 1800 ya era completamente obsoleta. Al igual que la maquina de Savery, era una maquina atmosférica, obteniendo la potencia de la presión de la atmósfera, y su uso casi exclusivo era bombear agua fuera de las minas. Sin embargo, al contrario de la máquina de Savery, la máxima distancia a la que se podía elevar agua no estaba limitada por la maquina sino por las bombas asociadas.

Artesano del hierro y herrero en Darmouth, Gran Bretaña, Newcomen fue contratado para la mantenimiento de una maquina de Savery en Cornwall. Modificándola obtuvo una maquina que funcionaba a 12 revoluciones por minuto, subía 540 litros de agua por minuto sobre 46 metros. Aproximadamente daba 5 hp, y tenía una eficiencia termal de 0.5%.



El funcionamiento era el siguiente: con la válvula uno abierta y la dos cerrada, vapor del calentador llena el cilindro mientras que el pistón sube movido por el peso de la bomba. La entrada de vapor fuerza todo el aire hacia fuera por una válvula, previniendo que se llene el cilindro de aire. Cuando el pistón llega al tope superior de su recorrido, el movimiento hacia arriba de la leva dos abre la válvula dos (mientras que otra leva cierra la válvula uno) haciendo que el agua helada entre al cilindro. Luego el vapor es condensado y la fuerza de la presión atmosférica mueve hacia abajo el pistón hacia el vacío resultante, accionando la bomba de agua. Cuando el pistón llega al tope inferior de su recorrido, el movimiento hacia abajo de la leva uno cierra la válvula dos (y la otra leva abre la válvula uno), repitiendo así el ciclo. El vapor condensado y el agua caliente condensada son devueltos al calentador, ahorrando así calor; esto último es una pequeña mejora posterior, introducida alrededor de 1718, mediante el uso de válvulas automáticas.

La máquina de Newcomen no usaba vapor a alta presión, y por lo tanto era segura, confiable y básicamente simple. No hacía exigencias más allá de los muy limitados recursos técnicos de principios del siglo XVIII. Era asimismo una máquina poderosa, económica al menos y generalmente superior a cualquier otro método de bombear agua.

Siguiendo a su invención y uso en Inglaterra, la máquina de Newcomen fue rápidamente adoptada en toda Europa para el uso de drenaje de minas. En 1726 fue Suecia, y en 1725 en las zonas mineras de Eslovaquia. La máquina fue de a poco desarrollada por experimentación empírica, especialmente por J. Smeaton (1750 - 1775).

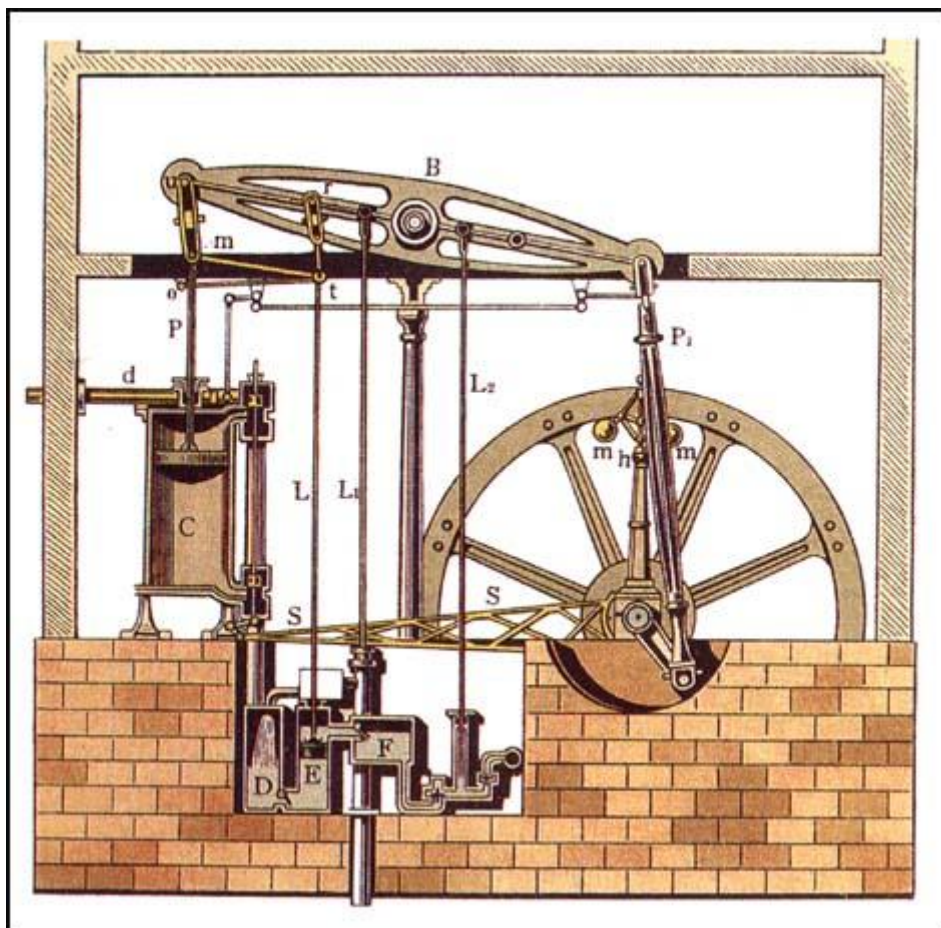
LA MÁQUINA DE WATT

El rendimiento de la máquina de Newcomen era poco satisfactorio, más que nada porque el vapor se enfriaba en el propio cilindro. De ello se dio cuenta un mecánico escocés llamado James Watt (1736-1819), quien al reparar una máquina de Newcomen introduce en ella importantes modificaciones. Hace que el vapor se condense en un recipiente especial, el condensador, que conecta con un tubo al cilindro al que, además, cierra por sus dos extremos. De esta forma se podía mantener siempre caliente el cilindro, ahorrándose una importante cantidad de combustible. Además introduciría otros adelantos en su máquina, como un mecanismo para regular la distribución del vapor, máquina de doble efecto, y una varilla que une el émbolo con un balancín articulado, la biela, por lo cual el movimiento rectilíneo se hace circular.

JAMES WATT

Nacido en Birmingham (Gran Bretaña), el 19 de enero de 1736, su padre era armador de origen escocés y le enseñó en la fabricación y uso de las herramientas y útiles náuticos.

Desde joven se interesa por las Matemáticas y los aparatos de medición, conocimientos que incrementa tras viajara a Londres y contactar con Morgan de Cornhill. Tras volver a su lugar de origen, participa en varios trabajos para el Colegio de Glasgow, lo que le vale ser nombrado maestro dedicado a la fabricación de instrumentos matemáticos en su Universidad. Aprovechando el único precedente de Papin, en el siglo XVII, Watt estudió los usos y aprovechamientos que pudieran ser derivados del vapor, hasta ese momento poco aprovechados. Así, inventó un prototipo que lograba reducir en gran medida el aporte de combustible, aplicando la presión del vapor para mover el pistón de un cilindro. El éxito conseguido hace que su modelo se expanda rápidamente por Londres, Manchester y Birmingham, ciudades en las que empiezan a experimentarse los inicios de la revolución industrial, y en las regiones donde el carbón, la energía más utilizada del momento, resulta más caro. Su invención se traslada algo más tarde a Francia, siendo usada en París para el abastecimiento de agua y el bombeo del Sena. Proyectada usarla en Versalles, no llegó a realizarse su instalación.



[http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/8329-Origenes-historicos-del-empleo-tecnologico-del-vapor-\(1\).html](http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/8329-Origenes-historicos-del-empleo-tecnologico-del-vapor-(1).html)

La importancia de su invento radica en que es una de las claves de la Revolución Industrial, al conseguir multiplicar el aporte de fuerza reduciendo el gasto de energía. Su aplicación, la máquina de vapor, se dio en minería y comunicaciones, especialmente. La

aparición de la energía eléctrica no desbancó al uso del vapor hasta muchos años después. La importancia de su invención le hizo ser premiado por la Real Sociedad londinense y la Academia de Ciencias de Francia. Además, ve multiplicarse el número de máquinas de vapor en Inglaterra, que serán ya en 1830 unas 10.000. al reconocimiento intelectual le acompaña el éxito económico, pues, junto a su socio Boulton, se encarga de la fabricación y distribución de sus máquinas y la comercialización de sus patentes. Falleció en Birmingham el 5 de agosto de 1819.

Innovaciones y cronología en la industria textil

- **Lanzadera volante** (Kay -1733). Incrementó en un 100% aproximadamente el rendimiento del tejedor.

Máquinas de Hilar

- **Spinning Jenny** (Máquina de hilar de husos múltiples), (**James Hargraves**, 1764) No utilizaba energía mecánica, no era más que una rueca con una batería de husos en lugar de uno podía utilizarse en una cabaña pero permitía a una persona el trabajo de varias.

- **Water Frame o bastidor de agua** - máquina de hilar - (**Richard Arkwright** 1769 - barbero y elaborador de pelucas) pensada para trabajar con energía hidráulica o animal. al utilizar energía hidráulica y ser el bastidor grande y caro condujo hacia la directamente a un sistema fabril.. se construían cerca de corrientes de agua en el campo o pueblos pequeños, de forma que no redundaron en concentraciones urbanas de trabajadores. Como era la energía hidráulica la que accionaba la maquinaria, se necesitaban relativamente pocos hombres adultos, cuya función era la de trabajadores cualificados

- **Mule Jenny** - máquina de hilar - (**Samuel Crompton** 1780) combinaba elementos de la Jenny y el bastidor. Hilaba un hilo más fino y resistente que las anteriores. En 1790 se comenzaron a utilizar Mules de 1000 usos

- **Mule Mecánica**. Alrededor de 1795 se comienza a adaptar la Mule a máquinas de vapor. A partir de entonces se convirtió en el instrumento predilecto para el hilado del algodón. Al igual que el bastidor de agua, permitía el empleo a gran escala de mujeres y niños, pero a diferencia del mismo, favorecía la construcción de enormes fábricas en ciudades donde el carbón era barato y la mano de obra abundante.

Telares

- **Telar mecánico** (**Edmund Cartwright** 1785 - "Clérigo sin formación ni experiencia en mecánica o textiles, resolvió el problema utilizando sencillamente la inteligencia" Cameron (1991), p. 216).

- **Telar mecánico mejorado** (Sharp and Brothers 1820). A partir de entonces la maquinaria empezó a reemplazar masivamente a los tejedores de telar manual.

Otros inventos

Desmotadora de algodón (**Eli Whitney** 1793)

Innovaciones en la industria siderúrgica

- Principios del siglo XVIII. Predominio del sistema indirecto en la producción de hierro. **Altos hornos al carbón vegetal**

- 1709 – **Introducción del coque** (carbón mineral) en la primera fusión del mineral de hierro

- 1776 – **La máquina de vapor sustituye a los fuelles hidráulicos**. Chorro de aire continuo y estable.

- 1781-1784 – **Pudelado del hierro** (de hierro colado a hierro forjado) Henry Cort.

- 1856, **Sistema Bessemer para elaborar acero**, aunque su difusión se inicia en la década de 1870 (Altos Hornos + convertidores Bessemer + Trenes de laminación).

- Década de 1880. **Convertidores Siemens-Martin y Thomas** para elaborar nuevos tipos de acero.