

## DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Julián CHAVES PALACIOS

*Universidad de Extremadura*

### Resumen

La Revolución Industrial no cabe entenderla como un cambio súbito y radical, sino más bien como un proceso no exento de tensiones, que se fue consolidando con el transcurso de los años y tuvo en Inglaterra su referencia principal. Ese tiempo largo en su afirmación no oscureció sus consecuencias. Y es que los cambios tecnológicos introducidos por la Revolución Industrial supusieron una ruptura con el pasado mucho más drástica que cualquier otra desde la invención de la rueda.

*Palabras clave:* Revolución Industrial, Inglaterra, historia contemporánea, ciencia, tecnología, inventos.

### Abstract

The Industrial Revolution is not possible to understand it like a sudden and radical change, if not rather like a process nonfree of tensions, that went consolidating with the course of the years and had in England their main reference. That long time in its affirmation did not darken its consequences. And it is that the technological changes introduced by the Industrial Revolution supposed a rupture with the past much more drastic than any other from the invention of the wheel.

*Keywords:* Industrial revolution, England, contemporary history, science, technology, inventions.

## 1. INTRODUCCIÓN

José Ortega y Gasset, en su lúcido trabajo *En torno a Galileo*, reflexiona sobre el paso de una Edad para entrar en otra, sobre la finalización de una crisis histórica y el comienzo de un tiempo nuevo. Y lo hace situando al científico italiano Galileo Galilei como la iniciación de la Edad Moderna, mientras que la crisis de ésta a lo largo del siglo XVIII sería el inicio de la civilización contemporánea. Entrada y salida de una era histórica a otra sobre la que Ortega reflexiona de esta forma tan recurrente:

*Todo entrar en algún sitio, todo salir de algún recinto es un poco dramático; a veces, lo es mucho –de aquí las supersticiones y los ritos del umbral y del dintel. Los romanos creían en dioses especiales que presidían a esa condensación de enigmático destino que es el salir y es el entrar. Al dios del salir llamaban Abeona, al dios de entrar llamaban Adeona. Si en*

*vez del dios pagano decimos, con un vocablo cristianizado, patrono, nada puede parecer más justificado que hacer a Galileo patrono de Abeona en nuestra salida de la modernidad, patrono Adeona a nuestro ingreso en un futuro palpitante de misterio<sup>1</sup>.*

Cambio de una era a otra, todo un proceso histórico que vino marcado por el abandono de las estructuras del Antiguo Régimen características de la Edad Moderna y el inicio de la contemporaneidad. Concepto este último que en el lenguaje de los historiadores es relativamente tardío, pues la expresión Historia Contemporánea no ha comenzado a utilizarse hasta fines del XVIII, para complementar las tres edades constitutivas de la Historia Universal: Antigua, Media y Moderna. Un esquema que hundía sus raíces en la cultura renacentista y se había conformado en esas tres concepciones en el siglo XVII. Para los ilustrados, la *Antigüedad* era una época arquetípica que se proyectaba sobre los *tiempos modernos* y el *presente*, una vez superado el bache de la *Edad Media*, que se consideraba la antítesis del propio movimiento de las luces<sup>2</sup>.

Entre finales del XVIII e inicios del siglo siguiente, los historiadores apreciaron en la Historia Contemporánea signos diferentes respecto a épocas pretéritas, que alumbraban un nuevo período histórico elaborado por los ilustrados franceses: la nueva Edad Contemporánea<sup>3</sup>, motivado por la creciente implantación de los valores de la revolución liberal-burguesa y la liquidación del Antiguo Régimen.

Si a partir de entonces quedó fijada en la historiografía francesa y Mediterránea en general esta nueva época, no sucedió lo mismo en la anglosajona y germana, que durante mucho tiempo sólo aplicaron el concepto de Historia Contemporánea al período posterior a la Segunda Guerra Mundial: todo lo anterior eran Tiempos Modernos<sup>4</sup>. De hecho, la *Modern History*, que se hacía arrancar de las grandes transformaciones del Renacimiento, alcanzaba para ellos el siglo XX. No por esto dejaba de utilizarse, tanto en Inglaterra como en los Estados Unidos, el término Historia Contemporánea para referirse al período que nos toca vivir, un período en permanente cambio a medida que corrían los años y las generaciones.

En Alemania, el historicismo de la época bismarckiana no podía rechazar el interés por la Historia Contemporánea, dada su acusada función de legitimación política. No obstante consideraba esta etapa como parte integrante de la época moderna, como período en el que se agudizó la oposición entre razón de Estado alemán y las teorías abstractas de los Estados, personificadas en los regímenes democráticos<sup>5</sup>.

Pero independientemente de esas concepciones y planteamientos, lo contemporáneo ha quedado unido a un desarrollo sin precedentes de la ciencia. Ello ha provocado que la historiografía alemana y la sociología anglosajona no duden ya en utilizar habitualmente epígrafes como época de la sociedad tecnológica y técnico-industrial para definir la naturaleza propia de la Edad Contemporánea<sup>6</sup>. Atribuciones, por otro lado, que con las lógicas salvedades y matizaciones, son de lo más recurrentes sobre el concepto de contemporaneidad.

Y es que las ciencias experimentales modernas se fueron desarrollando desde los días de Galileo y generaron un saber técnicamente utilizable, si bien, por lo general, las oportunidades

<sup>1</sup> ORTEGA Y GASSET, J.: *En torno a Galileo*, Madrid, Revista de Occidente, 1976, p. 15.

<sup>2</sup> PASAMAR, G.: *La Historia Contemporánea. Aspectos teóricos e historiográficos*, Madrid, Síntesis, 2000, p. 11.

<sup>3</sup> MARTÍNEZ CARRERAS, J. U.: *Introducción a la Historia Contemporánea*, Madrid, Ediciones Istmo, 1983, vol. I, p. 15.

<sup>4</sup> JOVER ZAMORA, J. M.<sup>a</sup>: "En los umbrales de una nueva Edad", en Goetz, V., *Historia Universal*, Madrid, Espasa-Calpe, 1968, vol. XI.

<sup>5</sup> CARRERAS ARES, J. J.: *Razón de Historia. Estudios de Historiografía*, Zaragoza, Prensas Universitarias, 2000, pp. 39 y ss.

<sup>6</sup> CARRERA ARES, J. J.: "Categorías históricas y política: el caso de Weimar", *Mientras Tanto*, 44, 1991, pp. 99-110.

de aplicación sólo se dieron con posterioridad, en el tránsito de los siglos XVIII al XIX. Hasta entonces, por diversos factores, la ciencia moderna no contribuyó a la aceleración del desarrollo técnico. Un proceso de transformación que el filósofo galardonado con el premio Príncipe de Asturias, Jürgen Habermas, en su ensayo *Ciencia y técnica como ideología*, fundamenta en los siguientes términos:

*La progresiva racionalización de la sociedad depende de la institucionalización del progreso científico y técnico. En la medida en que la ciencia y la técnica penetran en los ámbitos institucionales de la sociedad, transformado de este modo a las instituciones mismas, empiezan a demorarse las viejas legitimaciones<sup>7</sup>.*

Y con el paulatino abandono de esas viejas legitimaciones, en este caso identificadas con el Antiguo Régimen<sup>8</sup>, se emprendió la reconstrucción de una nueva sociedad, identificada con las Revoluciones Burguesas que se expandieron por parte del continente europeo y Estados Unidos a lo largo de la primera mitad del siglo XIX. Transformaciones que no cabe entender como bruscas, sino que fueron lentas y dispares entre unos países y otros<sup>9</sup>.

Y el motor de esa mutación, en un aspecto económico y social, como señala Habermas, fue el impulso que la ciencia y la técnica supieron dar a todo el proceso de cambio, es decir, a lo que se conoce con señas de identidad propias como Revolución Industrial, que tuvo en Inglaterra sus orígenes y principal protagonista. En este sentido cabe señalar que mientras los ingleses se embarcaban en una revolución económica sin saberlo muy bien, puesto que nada semejante había ocurrido anteriormente a ningún pueblo, los franceses se lanzaban a una revolución política tan evidente, violenta y sensacional que nadie podía dejar de verlo.

Es realmente sorprendente y singular en la historia europea contemporánea, que los ingleses, económicamente tan adelantados y abiertos<sup>10</sup>, en lo social y político su denominador común eran las opciones conservadoras, por encontrarse satisfechos con las condiciones de su próspero país. En Francia, sin embargo, la lentitud caracterizó el cambio económico<sup>11</sup>, dinámica que no se correspondía con el ritmo político, que desde la Revolución de 1789 vivió una experiencia de la que derivaron ideas tan esenciales para comprender la Edad Contemporánea como nacionalidad, ciudadanía, libertad e igualdad, constitucionalismo y, en cierta medida, del socialismo y del conflicto de clases.

## 2. REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Y ocupándonos ya de la Revolución Industrial, consideramos que cualquier análisis de esta etapa histórica pasa, necesariamente, por tener en cuenta dos aspectos: qué entendemos por Revolución Industrial y por qué se produjo inicialmente en Inglaterra. Respecto al primero de ellos, es necesario concretar previamente su cronología, es decir, cuándo cabe establecer

<sup>7</sup> HABERMAS, J.: *Ciencia y técnica como ideología*, Madrid, Tecnos, 1986, pp. 53-54.

<sup>8</sup> Véase GARCÍA MONERRIS, E. y SERNA ALONSO, J.: *La crisis del Antiguo Régimen y los absolutismos*, Madrid, Síntesis, 1994.

<sup>9</sup> MILWARD, A. S. y SAUL, S. B.: *El desarrollo económico en la Europa Continental. Los países adelantados, 1780-1870*, Madrid, Tecnos, 1979, pp. 25 y ss.

<sup>10</sup> MORI, G.: *La Revolución industrial. Economía y sociedad en Gran Bretaña en la segunda mitad del siglo XVIII*, Barcelona, Crítica, 1983, p. 43.

<sup>11</sup> FOHLEN, Cl.: "La revolución industrial en Francia 1700-1914", en Cipolla, C. M. (ed.), *Historia económica de Europa (4). El nacimiento de las sociedades industriales*, Barcelona, Ariel, 1987, pp. 7-77 (pp. 47 y ss. para esta cita).

sus comienzos y cuándo su terminación. Y en ese sentido la mayoría de los autores la sitúan en Inglaterra durante la segunda mitad del siglo XVIII (1750-1780), mientras que su final se alarga hasta mediados de la siguiente centuria<sup>12</sup>, bien entendido que la diferencia de fechas entre Gran Bretaña y los restantes países fue sustancial, del mismo modo que su desarrollo no cabe entenderlo como un cambio brusco, sino que estamos antes una evolución lenta pero estricta y determinante.

Y es que la Revolución Industrial es necesario analizarla más como un proceso que ajustarla a un período de tiempo determinado. Así al menos se explica la desigualdad existente entre unos países y otros<sup>13</sup>, hasta el punto que hasta bien avanzado el siglo XX no comenzó en los países menos desarrollados, mientras que en las naciones más importantes de Europa y en EE.UU. se estaba consolidando con fuerza la Segunda Revolución Industrial.

En cuanto a qué debemos entender por Revolución Industrial, hemos tomado del profesor británico David S. Landes la siguiente definición, que estimamos se adecúa con bastante precisión a su significado:

*El término revolución industrial suele referirse al complejo de innovaciones tecnológicas que, al sustituir la habilidad humana por la maquinaria y la fuerza humana y animal por energía mecánica, provoca el paso desde la producción artesana a la fabril, dando así lugar al nacimiento de la economía moderna<sup>14</sup>.*

De acuerdo con esa interpretación, una sociedad industrial es aquella que sabe aprovechar el desarrollo tecnológico para sustituir la energía proporcionada por músculos humanos o animales, o también turbinas, por la proporcionada por máquinas. Evidentemente, un cambio de esa magnitud tuvo unas consecuencias enormes por diferentes razones: los hombres y los animales sólo pueden trabajar un determinado número de horas diarias; el viento puede no soplar; y una turbina deja de girar si el caudal de agua se seca en verano o se hiela en invierno. En contrapartida, una máquina puede funcionar todo el día sin descanso y su duración puede ser, si se cuida debidamente, muchos años. La diferencia, pues, es extraordinaria: una máquina puede producir más energía que cualquier número disponible de animales. Los siguientes datos son bastante ilustrativos a este respecto:

*A comienzos del siglo XX se calculó que si toda la energía que entonces se obtenía de otras fuentes (que en aquel tiempo consistían principalmente en el carbón) hubiera de ser producida por hombres y animales, se necesitaría cada centímetro cuadrado de la superficie terrestre, incluidos los desiertos y las extensiones árticas, sólo para acoger a tantos seres vivos, y para facilitarles vivienda y alimentación<sup>15</sup>.*

A la par de ese desarrollo tecnológico se acrecentó la necesidad de energía, de forma que el incremento en el uso del carbón a partir del siglo XVIII fue espectacular, hasta el punto que en 1870 Inglaterra producía anualmente 100.000.000 de toneladas. Esa ingente demanda de energía propició que hasta el advenimiento de la era eléctrica y nuclear, las principales áreas industriales del mundo estuvieran ubicadas en zonas próximas a las cuencas carboníferas. Fue lo sucedido en Gran Bretaña, con posterioridad en Bélgica, sin olvidar el conocido valle del Ruhr en Alemania o las regiones de los Allegheny de los Estados Unidos.

<sup>12</sup> URDANGARÍN, C. y ALDABALDETRECU, F.: *Historia técnica y económica de la máquina herramienta*, San Sebastián, Caja de Ahorros de Guipúzcoa, 1982, p. 77.

<sup>13</sup> En el caso español, véase NADAL, J.: *El fracaso de la Revolución Industrial en España 1814-1913*, Barcelona, Ariel, 1978, pp. 226 y ss.

<sup>14</sup> LANDES, D. S.: *Progreso tecnológico y revolución industrial*, Madrid, Tecnos, 1979, p. 15.

<sup>15</sup> PALMER, R. y COLTON, J.: *Historia Contemporánea*, Madrid, Oikos, 1985, pp. 11-12.

De acuerdo con esas consecuencias, la industrialización se debió a una sucesión interrelacionada de cambios tecnológicos que sustituyeron la capacidad humana por instrumentos mecánicos, y la energía humana y animal por la energía inanimada. Cambios en equipos y en métodos que trajeron consigo nuevas formas de organización industrial. La utilización de máquinas, que pasó de la producción inicial de hilaza y de tejidos a su utilización en las minas de carbón y de hierro, para continuar, ya en el siglo XIX, con su aplicación a los buques de vapor y el ferrocarril, originó un cambio sustancial en el tamaño de la unidad productiva. De forma que la unidad de trabajo familiar fue sustituida por la nave industrial y la fábrica se convirtió en un sistema de producción en sí mismo, basado en una clara definición de las funciones y responsabilidades de sus principales miembros: burguesía y obreros<sup>16</sup>.

A su vez, los avances tecnológicos y empresariales continuaron una dirección convergente, de forma que “un cambio generaba otro cambio”. Y en ese sentido cabe establecer otra de las características de la Revolución Industrial, basada en el principio de que una vez iniciado el proceso, éste se prolonga indefinidamente. El “despegue” conduce al “desarrollo que se sostiene a sí mismo”. Y es que un producto nuevo crea la demanda de otros. Una invención da origen a la siguiente y la misma invención se convierte en un hábito.

Y esa dinámica se aprecia con claridad en las mejoras tecnológicas y su dependencia de los avances en otras actividades afines<sup>17</sup>. La máquina de vapor constituye un ejemplo suficientemente ilustrativo de esa interrelación, pues no se consiguió una máquina de condensación efectiva hasta que las mejoras en los métodos metalúrgicos permitieron obtener cilindros adecuados. Igualmente, el incremento de la productividad gracias a una innovación técnica generaba presión sobre las actividades industriales análogas, que potenciaban su capacidad de invención.

De acuerdo con ese proceso, la mayor petición de carbón por parte de la industria originó no sólo la ampliación de su extracción a un mayor número de cuencas mineras, sino también una mayor profundización en las excavaciones. Y esto último incrementó notablemente las posibilidades de filtraciones de agua en las minas, un problema que se solucionó con la bomba de agua más eficaz: la máquina de vapor atmosférica. Esa mejora de los recursos técnicos posibilitó el incremento de su producción, con una comercialización en el mercado de este demandado mineral más barata y abundante, tendencia que resultó fundamental para el desarrollo de una industria siderúrgica que se encontraba en una frágil situación ante la falta de combustible.

Dinámica de invención, difusión de maquinaria y producción clave en el desarrollo industrial, que se aprecia con nitidez en la fabricación textil y derivados, que en su desarrollo necesitó una mayor demanda de energía, es decir, de carbón y motores de vapor. Del mismo modo la obtención de esos motores y sus correspondientes máquinas exigió la existencia de hierro en el mercado, y para la producción de éste fue necesario más carbón y, en definitiva, más energía<sup>18</sup>. El vapor creó la llamada ciudad-factoría que consumía grandes cantidades de hierro y de carbón en sus altos hornos y en sus sistemas de conducción de aguas y de desagüe.

Para procesar ese flujo de productos manufacturados se necesitaron grandes cantidades de sustancias químicas: ácidos, tintes, álcalis, cuya producción exigió, en muchas ocasiones, grandes cantidades de combustible. Y, finalmente, esos productos: hierro, textiles, productos químicos dependieron del transporte de bienes terrestre y marítimo en un doble flujo: desde

<sup>16</sup> BERGIER, J. F.: “La burguesía industrial y la aparición de la clase obrera”, en Cipolla, C. M., *Historia Económica de Europa. La Revolución Industrial*, Barcelona, Ariel, 1983, vol. III, pp. 410-465.

<sup>17</sup> ASHTON, T. S.: *La Revolución Industrial 1760-1830*, México, F.C.E., 1970, pp. 71 y ss. También véase ELENA, A., ORDÓÑEZ, J. y COLUBI, M.: *Después de Newton: ciencia y sociedad durante la primera revolución industrial*, Barcelona, 1998.

<sup>18</sup> Véase NADAL, J.: *Moler, tejer y fundir. Estudios de historia industrial*, Barcelona, 1992.

el lugar de extracción hasta las fábricas, y a su vez, una vez elaborado el producto, de la industria a los mercados para su venta. Esa constituyó, en nuestra opinión, la evolución del proceso conocido por Revolución Industrial, que supuso una modificación esencial no sólo en los factores energéticos y productivos conocidos hasta entonces, sino también en los comerciales y de mercado.

Y ello se aprecia de forma sustancial en los nuevos horizontes abiertos en el desarrollo de los transportes, que en combinación con las innovaciones tecnológicas dieron lugar, a partir del siglo XIX, a la aparición del ferrocarril y la navegación a vapor. Nuevos medios de comunicación que en su expansión requirieron una mayor demanda de hierro y combustible, a la par que ampliaron los mercados para los productos industriales<sup>19</sup>. Esto dio lugar a una interrelación circular, progresiva y expansiva, de los diferentes componentes de la Revolución Industrial, sin precedentes en cuanto a sus resultados y consecuencias en la historia de la humanidad.

## INDUSTRIALIZACIÓN Y TENSIONES SOCIALES

Pero ese progreso ligado a la industrialización también generó efectos menos favorables para la sociedad. Como escribió en el primer tercio del siglo XIX el economista suizo Simonde de Sismondi: “La producción aumenta, mientras el bienestar disminuye”<sup>20</sup>. Y es que, al mismo tiempo que la producción de bienes se incrementaba como consecuencia del desarrollo industrial, y a pesar del paulatino establecimiento en los países más avanzados de la igualdad civil y libertad económica, las diferencias entre los hombres no disminuían, sino que aumentaban<sup>21</sup>.

Las fábricas se van a instalar en las ciudades y ese proceso de industrialización urbana provocó un trasvase de mano de obra y recursos desde la agricultura a la industria. Estos núcleos de población registraron un importante crecimiento en número de habitantes<sup>22</sup>, con los problemas inherentes a la masificación. Y es que las ciudades crecían, pero los problemas de la nueva ciudad industrial –hacinamiento, pobreza, mala vivienda, chimeneas de las fábricas, basura, poca sanidad, y la tensión entre los obreros proletarizados y los capitalistas– fueron problemas del siglo XIX, no del XVIII<sup>23</sup>.

Las casas de los obreros se concentraron en sus barrios periféricos, que se fueron llenando de inmigrantes en busca de trabajo en la industria, viviendo tanto ellos como sus familias en situaciones menesterosas. La pobreza se fue extendiendo en las ciudades industrializadas. De esa situación surgió la preocupación por el pauperismo, por la miseria generalizada, que en no pocos autores de la época tuvo un enfoque altruista –no olvidemos que el siglo XIX destacó, entre otros aspectos, por las preocupaciones filantrópicas–, no exentas del temor a una ruptura con el orden social vigente. “*Caridad en el rico y resignación en el pobre*” era, avanzado el siglo XIX, una de las fórmulas defendidas por muchos autores para resolver la difícil situación social<sup>24</sup>.

<sup>19</sup> LILLEY, S.: “El progreso tecnológico y la Revolución Industrial, 1700-1914”, en Cipolla, C. M., *Historia económica de Europa. La Revolución Industrial*, Barcelona, Ariel, 1983, vol. III, pp. 195-264 (pp. 213 y ss. para esta cita).

<sup>20</sup> SISMONDI, S. de: “Objeto y origen de la ciencia”, en *Economía política*, Madrid, Alianza, 1969, pp. 13-70.

<sup>21</sup> CARASA, P.: “Por una historia social de la ciudad. Urbanización, pauperismo y asistencia”, en Bonamusa, F. y Serrallonga, J. (eds.), *La sociedad urbana*, Barcelona, Asociación de Historia Contemporánea, 1994, pp. 23 y ss.

<sup>22</sup> Desde una perspectiva demográfica en todo este proceso, véase GOZÁLVEZ PÉREZ, V. (coord.): *Los procesos de urbanización: siglos XIX y XX*, Alicante, Instituto Gil Albert, 1991, vol. IV.

<sup>23</sup> LÓPEZ MORA, F.: *Pobreza y acción social en Córdoba (1750-1900)*, Córdoba, Imprenta Provincial, 1997, pp. 349 y ss.

<sup>24</sup> SÁNCHEZ MARROYO, F.: “Pobreza y mendicidad en el mundo contemporáneo”, *Revista de Extremadura*, 23, 1997, pp. 51 y ss.

Entre los testimonios de la época que dan cuenta de la existencia de horarios de trabajo agotadores y condiciones de vida cercanas a la miseria, destacamos el ofrecido por el higienista francés Louis R. Villermé, sacado de su obra, escrita en 1840: *Cuadro del estado físico y moral de los obreros empleados en las manufacturas de algodón, de lana o de seda*:

*Hay que admitir que la familia, cuyo trabajo está escasamente retribuido, sólo subsiste con su salario si el marido y la mujer se portan bien, tienen trabajo durante todo el año, no tienen ningún vicio y no soportan mas carga que la de dos niños de corta edad. Suponed un tercer hijo, una época de paro, una enfermedad, la falta de ahorros, de hábitos de trabajo o, simplemente, una ocasión fortuita de intemperancia y esta familia se encuentra en el mayor agobio, en una miseria afrentosa (...).*

Esa situación fue bastante habitual en los trabajadores de las nuevas fábricas, especialmente en etapas de crisis económica que generaban paro, y que ante la falta de dispositivos de ayuda, abocaron a importantes sectores de la población a la mendicidad cuando no a la delincuencia. Esa emergencia social permitió reacciones por parte de los Estados más avanzados. Fue el caso del gobierno inglés que, consciente de los casos de explotación de las mujeres y niños, comenzó a aprobar, a partir del primer tercio del siglo XIX, una serie de leyes que les dieran protección, entre las que destacamos las siguientes: primera ley sobre las condiciones de trabajo de los niños (año 1819); otra que impedía dar empleo a los menores de 9 años (1833); prohibición para que trabajaran mujeres y menores en las minas (1842); y reducción de horas de trabajo en mujeres y menores (1844)<sup>25</sup>.

Nueva legislación laboral, pues, necesaria y pertinente, que se fue completando, aunque muy lentamente y con notable diferencia entre unos países y otros, a medida que nos acercamos al final de la centuria.

Si bien esas reacciones mostraban una creciente preocupación de los Estados más desarrollados por los problemas sociales inherentes al progreso industrial, es necesario destacar también la actitud de los obreros, que a la par que la Revolución Industrial iba consolidándose, iniciaron una serie de protestas para mejorar su situación. Protestas obreras que tuvieron un doble escenario. Por un lado el tecnológico, con una actitud crítica hacia la introducción de maquinaria de la que nos ocuparemos a continuación; y político, al mostrar su desacuerdo con la prohibición de los gremios y las asociaciones obreras mediante normas legales<sup>26</sup>.

Especialmente singular fue su oposición a las nuevas máquinas, al nuevo tejido empresarial y tecnológico que se había ido formado en torno a la industrialización. Y en ese sentido mostraron su desacuerdo por considerar que era lesivo a sus intereses, contra los talleres o las materias primas y contra las nuevas máquinas o herramientas. Y es necesario destacar esto último, es decir, iniciativas contrarias a las nuevas máquinas, pues constituyó un movimiento característico de inicios del siglo XIX. Fue lo que se conoció en Inglaterra con el nombre de Luddismo, en referencia a Ned Ludd, un tejedor a quien se atribuía haber protagonizado la primera destrucción de telares, movimiento que tuvo su mayor expansión en la segunda década de esa centuria (1811-1817)<sup>27</sup>.

<sup>25</sup> RULE, J.: *Clase obrera e industrialización. Historia social de la Revolución Industrial británica, 1750-1850*, Barcelona, Crítica, 1990, pp. 258 y ss.

<sup>26</sup> Expresaron su protesta contra leyes como la Ley de Chapelier (Francia, 1791) o la Combination Acts (Inglaterra, 1799-1800).

<sup>27</sup> Véase MANUEL, F., ROBINS, K. y WEBSTER, F.: *Máquina maldita: contribuciones para una historia del luddismo*, Barcelona, Alikornio, 2002. NOBLE, D. F.: *Una versión diferente del progreso: en defensa del luddismo*, Barcelona, Alikornio, 2000.

Estuvo protagonizado por tejedores de algodón y seda del centro y noroeste de Gran Bretaña, que llegaron a destruir más de un millar de telares a vapor de reciente creación, pese a las medidas represivas dictadas contra ellos por el gobierno, en las que se llegó a aprobar una ley que condenaba a pena capital a los autores de esos actos<sup>28</sup>. Fuera de Inglaterra, el luddismo no tuvo la misma expansión. La perezosa y tardía expansión de la industrialización en el resto del continente europeo tuvo mucho que ver en esa menor incidencia<sup>29</sup>. Poco a poco, ante lo irreversible del protagonismo de las nuevas máquinas en el proceso de industrialización, esas acciones de protesta se fueron desviando hacia sus propietarios: los patronos. Se estaban dando los primeros pasos del movimiento obrero y de la llegada de las doctrinas socialistas.

Luces y sombras de una industrialización que tuvo en los avances tecnológicos uno de sus principales activos, pero también en las protestas sociales una vertiente que exigía una mayor racionalización al imparable crecimiento industrial y a la insaciable producción. Y todo ello nos sitúa en la segunda de las cuestiones apuntadas con anterioridad: ¿Por qué comenzó en Inglaterra la Revolución Industrial?

### 3. INGLATERRA: CENTRO DE LA PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

En opinión de la profesora de la Universidad de Cambridge y autora de diversos trabajos sobre industrialización decimonónica, Phyllis Deane<sup>30</sup>, para que se produjera la Revolución Industrial en un país se debían registrar los siguientes cambios:

- 1) Aplicación amplia y sistemática de la ciencia moderna y del conocimiento empírico al proceso de producción para el mercado.
- 2) Especialización de la actividad económica en la producción para los mercados nacionales e internacionales más que para el uso familiar y local.
- 3) Movimiento de la población de las comunidades rurales hacia las urbanas.
- 4) Ampliación y despersonalización de una unidad típica de producción: pasa a fundarse más en la empresa privada o pública y menos en la familia o la tribu.
- 5) Movimiento de la mano de obra de las actividades relacionadas con la producción de bienes primarios a la producción de bienes manufacturados y servicios.
- 6) Uso intensivo y extensivo de los recursos de capital como substitutivo y complemento del esfuerzo humano.

<sup>28</sup> RULE, J.: *Op. cit.*, pp. 401 y ss.

<sup>29</sup> Por ejemplo, en Francia se protestó contra la importación de máquinas inglesas de vapor para tejer, y durante la Revolución Francesa maestros y oficiales relacionados con la producción textil solicitaron la destrucción total de las máquinas de hilar procedentes de Gran Bretaña. Con posterioridad (hasta inicios de los años treinta), en estadios de crisis económica, volvieron a registrarse actos de protestas ludditas en Francia, en este caso ampliadas a otros sectores de la producción. En España la paulatina expansión de las máquinas de hilar y cardar también fueron objeto de protestas. De las primeras registradas destacamos la que se produjo en Alcoy en 1821, y bastantes años después, en 1835, el incendio de la fábrica *El Vapor* de Barcelona y otras empresas mecanizadas, en este caso protagonizadas por trabajadores domésticos y a tiempo parcial que consideraban en peligro su forma tradicional de vida. Hubo, en los actos para reprimir esa acción, varios muertos y heridos. MARTÍNEZ-VAL PEÑASOSA, J. M.: *Un empeño industrial que cambió España: 1850-2000. Siglo y medio de ingeniería industrial*, Madrid, Síntesis, 2001, pp. 69 y ss. COSTAS, A.: "El librecambio, la industrialización y sus desencantos: argumentos a favor del proteccionismo en la segunda mitad del siglo XIX", en Almenar, S., Bel, G. y Estruch, A. (coords.), *Industrialización en España: entusiasmos, desencantos y rechazos. Homenaje al profesor Fabián Estapé*, Madrid, Civitas, 1997, pp. 205-226.

<sup>30</sup> Junto con el profesor Mitchell, han recopilado el *Abstract of British Historical Statistics*, publicación que estimamos imprescindible para los estudios de la época de las grandes transformaciones económicas.

- 7) Aparición de nuevas clases sociales y profesionales determinadas por la propiedad de (o por la relación con) medios de producción que no sean la tierra, es decir, el capital<sup>31</sup>.

Esa serie de cambios tan significativos se produjeron, inicialmente, en tan sólo un país europeo: Inglaterra. Las restantes naciones desarrolladas se industrializaron a lo largo del siglo XIX siguiendo el ejemplo preexistente de Gran Bretaña. Inventos y progreso industrial estuvo fuertemente mediatizado por el influjo inglés. América del Norte y resto de Europa iniciaron su caminar en la Revolución Industrial con tecnología facilitada por Inglaterra, también con trabajadores ingleses que fueron demandados por esos países para que les instruyeran en la utilización de los nuevos motores y maquinarias, e incluso, en no pocas ocasiones, recurrieron al capital inglés para hacer frente a las operaciones financieras que facilitarían las inversiones inherentes a todo el proceso de industrialización<sup>32</sup>.

La singularidad inglesa, por tanto, en la Revolución Industrial fue incuestionable, al ser el único país que no imitó un ejemplo preexistente. Las innovaciones que introdujo, fruto de una prolija labor anterior y no de la improvisación o el azar, fueron consecuencia de la combinación de una serie de aspectos políticos, económicos, sociales y culturales que posibilitaron esa diferenciación inglesa respecto al resto de Estados. Ese contexto tan singular pone de manifiesto por qué la industrialización comenzó en Inglaterra y no en otros países<sup>33</sup>.

Y es que sólo la posibilidad de obtener importantes incentivos económicos en un futuro, pese a la incertidumbre y riesgo económico inherentes a esa decisión, estimuló al empresario de las islas británicas a desviar parte de sus beneficios al aumento de la productividad del trabajo por medio del fomento de la mecanización. Del mismo modo, esa actitud permitió a los inventores británicos obtener con relativa facilidad la financiación necesaria para hacer realidad sus proyectos. Confianza compartida, pues, entre creadores y patronos, que unidas a otras características resultaron fundamentales para el desarrollo de la Revolución Industrial en ese país.

#### 4. CAMBIOS TECNOLÓGICOS: LOS INVENTOS

Ese contexto posibilitó cambios tecnológicos que supusieron una ruptura con el pasado mucho más drástica que cualquier otra desde la invención de la rueda. Y es que, como ya hemos indicado, con la Revolución Industrial comenzó un proceso acumulativo de avances tecnológicos autoalimentado que tuvo repercusiones en todos los sectores económicos. Van a surgir nuevas máquinas, y entre ellas una que tuvo un papel decisivo en el desarrollo de la explotación de la energía térmica: la máquina de vapor. Para entonces, la energía proporcionada por la rueda hidráulica comenzaba a ser insuficiente, y pese a que las fundamentales mejoras introducidas por los inventos de John Smeaton (1724-1792) retrasaron, según opinión compartida por técnicos de la época, en varios años la necesidad de utilizar energía de vapor<sup>34</sup>, lo cierto es que ésta, tras su invención, se impuso de forma irreversible.

<sup>31</sup> DEANE, P.: *La primera Revolución Industrial*, Madrid, Península, 1989, pp. 7 y ss.

<sup>32</sup> HOBBSAWM, E. J.: *Industria e Imperio. Una historia económica de Gran Bretaña desde 1750*, Barcelona, Ariel, 1982, pp. 35 y ss.

<sup>33</sup> KEMP, T.: *La Revolución Industrial en la Europa del siglo XIX*, Barcelona, Martínez Roca, 1987, pp. 15 y ss.

<sup>34</sup> Aunque el estudio de las posibilidades del vapor habían sido estudiadas durante siglos, fue a partir del XVI cuando las ideas acerca de sus propiedades comenzaron a tomarse más en serio (Della Porta, Galileo Galilei, Evangelista Torricelli...). BARRACA, A.: "El desarrollo de los conceptos energéticos en la mecánica y la termodi-

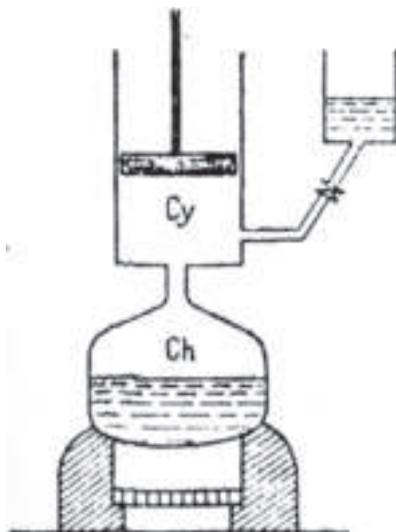
## CARACTERÍSTICAS INGLESAS EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN

<i>Concepto</i>	<i>Contenido</i>
Riqueza	Inglaterra era, probablemente, el país más rico de Europa, per capita, con la excepción de Holanda, ya antes de la industrialización. La pobreza no estaba tan extendida como en resto de Europa.
Mercado	Había una clase próspera y experimentada de comerciantes que se fortalecía gracias al comercio interior y a unas exportaciones cada vez más cuantiosas.
Política	En Inglaterra el Parlamento era soberano y estaba controlado por los propietarios, que apoyaron una legislación que extinguía los antiguos derechos señoriales y comunales. Formas de gobierno y leyes favorecían la actividad económica.
Agricultura	La productividad agrícola aumentaba ya antes de 1750. Muchos propietarios hacían inversiones de capital, convirtiéndose así en “terratinentes introductores de mejoras”. Actitud muy diferente al resto del Viejo Continente.
Impuestos	Los terratenientes pagaban impuestos, sin las exenciones y privilegios que gozaban en el resto de Europa. El país pudo afrontar su creciente deuda nacional y financió las guerras y una marina cada vez más poderosa.
Economía	Inglaterra no sufrió la bancarrota que hundió la monarquía borbónica. En 1694 se fundó el Banco de Inglaterra, que no financió la Revolución Industrial, pero proporcionó una base de estabilidad fiscal que favoreció la iniciativa privada.
Guerras	Las guerras en que intervino se desarrollaron fuera de su territorio. De esa forma evitó la destrucción y el general quebrantamiento de la vida civil que asoló, de cuando en cuando, a distintas partes de Europa.
Sociedad	Destacaba la existencia de una clase media, con muchos miembros de la clase trabajadora por encima del nivel de pobreza, lo que significaba un mercado potencial para los artículos de consumo corriente y uso diario.
Comunicaciones	A partir de 1700 gran actividad en la mejora de carreteras y en la construcción de canales, que comunicó todas las partes del país. Inglaterra se unificó, no había provincias autónomas con distintos ordenamientos legales y tributarios.
Demografía	La población aumentaba en toda Europa, pero en Inglaterra lo hacía sin pérdida del nivel de vida. El aumento de población significaba una ampliación del mercado interior, sin olvidar el creciente mercado de ultramar.

Los adelantos técnicos a lo largo del siglo XVIII permitieron una explotación minera a mayor profundidad terrestre, lo que originó frecuentes problemas de inundación en las minas. Fue preciso crear una máquina que bombeara ese agua para seguir extrayendo carbón. La creación de ésta se produjo en el año 1712 y corrió a cargo de un inventor con una preparación que distaba bastante de la que se supone a un científico o un técnico: el herrero Thomas Newcomen. Es importante señalar este hecho, pues nos sitúa en una de las características de los descubrimientos de esta Primera Revolución Industrial: al situarse el papel de la ciencia en una posición dependiente de la técnica, los inventos estuvieron protagonizados por exper-

námica desde mediados del siglo XVIII hasta mediados del siglo XIX”, en *Llull*, vol. 25, 2002, pp. 285-325 (p. 295 para esta cita).

## MÁQUINA DE VAPOR DE THOMAS NEWCOMEN (AÑO 1712)



tos que no necesariamente tenían una formación científica, como es el caso de mencionado Newcomen y su máquina atmosférica.

Máquina, en otro orden, con una actividad bastante irregular, pues se paraba con frecuencia y su eficiencia dejaba bastante que desear. Sin embargo alcanzó cierta difusión y lo más importante fue que, pese a los problemas de funcionamiento, gracias a su descubrimiento el carbón no escaseó en los mercados ingleses. Era un primer paso, aunque insuficiente para respaldar el proceso de Revolución Industrial. Se necesitaba una máquina más eficiente que sustituyera la precaria rueda hidráulica y garantizara una mayor productividad. Un invento que se va a demorar medio siglo pero que va a resultar clave para el desarrollo de la industrialización.

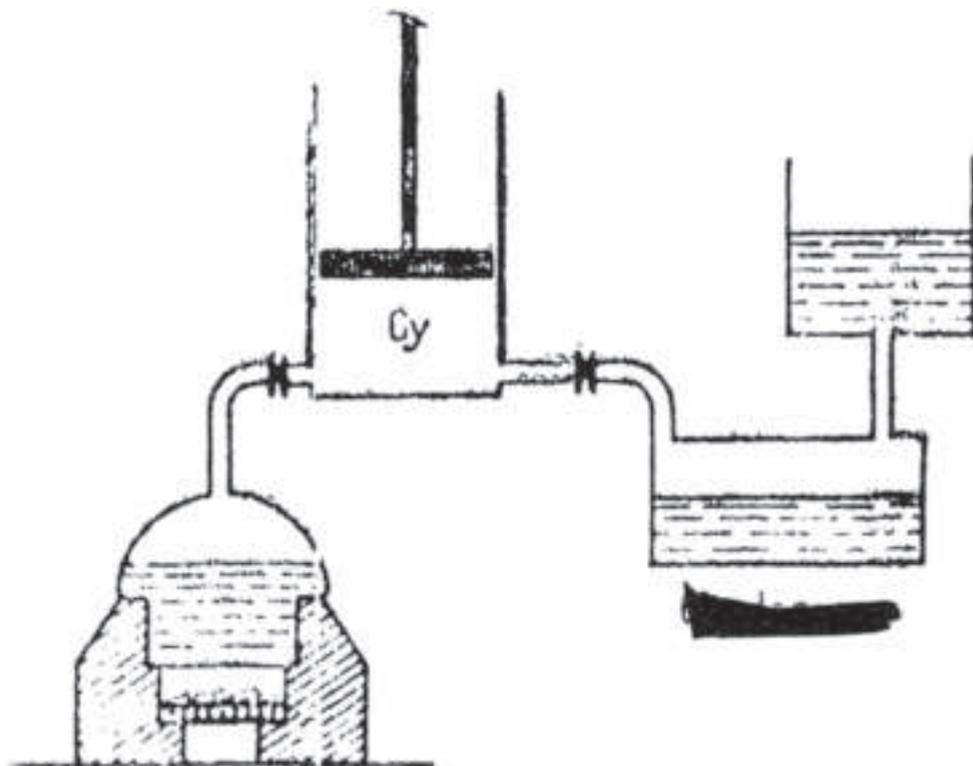
Nos estamos refiriendo a la máquina de vapor creada por James Watt en 1765. Este ingeniero, que desempeñaba funciones docentes en la Universidad de Glasgow, se inspiró en el invento de Newcomen, pero con una diferencia sustancial: en lugar de condensar el vapor dentro de un cilindro puso éste en comunicación con un depósito donde se lograba su condensación. Un descubrimiento, pues, de extraordinaria importancia, base del desarrollo de la tecnología del vapor y de la ciencia termodinámica<sup>35</sup>.

La nueva tecnología aportada por Watt, que irá optimizando su modelo en el transcurso de los años, tenía, entre otras ventajas, su bajo consumo de energía en comparación a la máquina atmosférica, y eso se plasmó en su comercialización. Las cifras tanto de venta de esta máquina como de consumo de carbón así lo demuestran:

*En el año 1778 funcionaban en Cornwall un total de 70 máquinas de Newcomen, y en 1790 todas habían desaparecido menos una, siendo sustituidas por máquinas de vapor de Watt. En las Consolidated Mines de Cornwall el gasto de carbón se redujo de alrededor de 19.000*

<sup>35</sup> ASHTON, T. S.: *Op. cit.*, pp. 94 y ss.

## MÁQUINA DE VAPOR DE JAMES WAT EN 1765



*hasta las 6.100 toneladas al año. Esto constituyó un ahorro anual de 10.830 libras esterlinas al precio corriente de carbón*<sup>36</sup>.

Esa expansión de la máquina de vapor se debe relacionar con el desarrollo del capitalismo, tan unido al despliegue de los sistemas políticos liberales en los países europeos a lo largo de la centuria decimonónica. Así al menos cabe interpretar el acuerdo alcanzado, en 1774, entre Watt y el empresario Matthew Boulton, que poseía un establecimiento industrial en Birmingham y las fundiciones de Black Country, y era una de las firmas industriales inglesas más importantes del momento. Fruto de ese entendimiento, por el que uno aportaba su dinero y el otro sus conocimientos técnicos, ambos explotaron la patente, de forma que la empresa Boulton se convirtió en la productora de casi todas las máquinas de vapor utilizadas en Europa y América.

Es preciso decir a ese respecto, que Watt no se circunscribió, exclusivamente, a la máquina de 1765, pues al disponer de financiación y más medios técnicos siguió con sus innovaciones y nuevas patentes de esa máquina<sup>37</sup>. Pero independientemente de esas aportaciones y su importancia en el desarrollo de la termodinámica, es necesario resaltar lo oportuno de su invención

<sup>36</sup> Cornwall es un Condado de Gran Bretaña. BARACCA, A.: "Art. cit.", p. 25.

<sup>37</sup> Véase KRANZBERG, M. y PUSELL, C. W. jr. (eds.): *Historia de la Tecnología. La técnica en Occidente de la Prehistoria a 1900*, Barcelona, Gustavo Gili, 1981, p. 296.

para el desarrollo de la Revolución Industrial, pues para entonces la energía proporcionada por la rueda hidráulica comenzaba a ser insuficiente en el funcionamiento industrial y con la máquina de vapor se dio solución a ese problema energético, lo que permitió una mayor producción.

Ese cambio se aprecia con claridad en la fabricación inglesa de mayor dinamismo en esos años: la producción de vestidos y tejidos de algodón. A lo largo del XVIII, gracias a una serie de inventos se pudo ir atendiendo la creciente demanda de estos artículos<sup>38</sup>, pero la producción no abasteció el mercado adecuadamente hasta la sustitución de la energía hidráulica por un motor de vapor. Ese cambio y su aceptación se aprecian con claridad en la decisión adoptada por uno de los principales innovadores de la industrial textil inglesa hasta entonces: Edmund Cartwright, que patentó un telar mecánico en 1787. Las consecuencias de ese cambio trascendían la mera producción de artículos para afectar directamente a otros sectores industriales. Las máquinas de madera empleadas para hilar y tejer, con el empleo de la nueva maquinaria se tuvieron que hacer en hierro, de forma que el desarrollo de la energía de vapor, la industria siderúrgica y las minas de carbón fue paralelo.

Y es en la interrelación de esas variables, concretamente en la fabricación de nuevas máquinas, en la que deseamos centrarnos a continuación, aunque sea a fuerza de dejar a un lado aspectos tan conocidos y estudiados de la Revolución Industrial como las repercusiones que tuvo el empleo de la máquina de vapor en los transportes terrestres y marítimos a partir del siglo XIX, que permitieron un desarrollo industrial en Inglaterra sin precedentes hasta entonces, aunque no se debe exagerar la rapidez de éstos. Hasta después de 1800, los efectos de la Revolución Industrial se limitaron a la industria textil, acompañados por cambios en la minería y en la metalurgia. Pero no fue hasta los comienzos de la Restauración, tras la caída del Imperio Napoleónico, cuando comenzaron a manifestarse con claridad las consecuencias de la Revolución Industrial, incluso en Inglaterra.

A partir de entonces el desarrollo fue imparable, aunque de forma desigual entre los diferentes países. Los siguientes datos así lo demuestran:

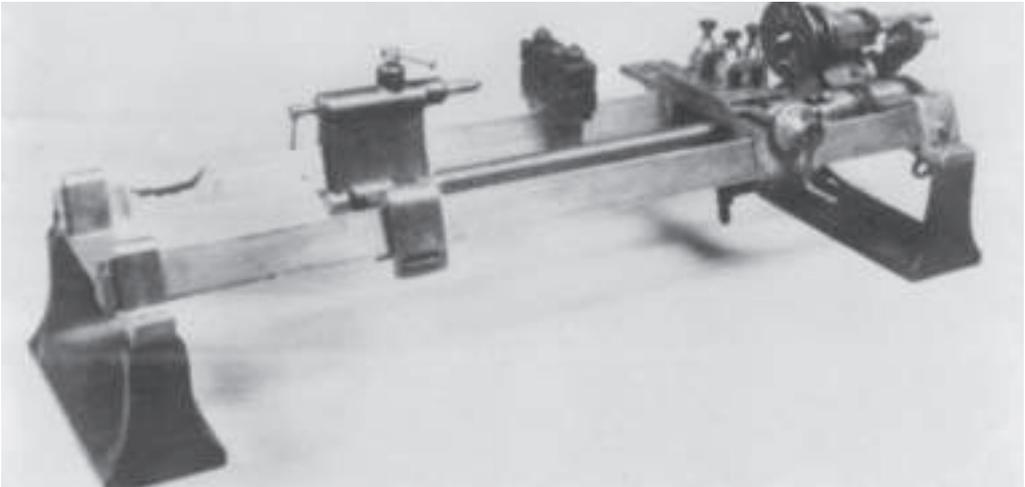
- 1820: Inglaterra tenía en funcionamiento 10.000 máquinas de vapor, con una potencia instalada de 200.000 CV.
- 1850: Inglaterra producía más hierro que todo el resto del mundo junto y, sin embargo, en 1780 producía menos que Francia.
- 1852: los alemanes sólo tenían instalados 92.500 CV y los franceses 75.518 CV.
- 1852: se instaló en España la primera máquina de vapor para desarrollar fuerza motriz<sup>39</sup>.

Datos dispares que muestran la diferente respuesta que determinados países europeos dieron a este proceso, en el que tuvo especial significación la utilización de sus cuatro componentes esenciales: el carbón, el hierro, el vapor y la maquinaria. Sobre esto último cabe señalar que pronto surgió una estrecha relación entre la industria pesada y la inci-

<sup>38</sup> En 1733, John Kay inventó un procedimiento llamado la lanzadera volante, con la que sólo se necesitaba un hombre, en lugar de dos, para manejar un telar, y se conseguía tejer más paño. Por otro lado se hizo frente a la demanda creciente de hilados con nuevos aparatos utilizados para hilar, como la “jenny” introducida en los años 1760 y la “water frame” de Richard Arkwright, de 1769, con la que se podían tejer a la vez muchos hilos.

<sup>39</sup> Fue instalada por José Bonaplata en su industria algodonera. Véase sobre industrialización en España NADAL, J. y CARRERAS, A.: *Pautas regionales de la industrialización española, siglos XIX y XX*, Barcelona, Ariel, 1990. Y sobre el desarrollo del vapor en España, véase DEASIT CHAFER, M. y SERÓ DOBÓN, J.: *El vapor San Jaime en la industria textil Enguerina*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1989, pp. 40 y ss.

PRIMER TORNO DE ENRIQUE MAUDSLAY, CONSTRUIDO EL AÑO 1797,  
SE CONSERVA EN EL “SCIENCE MUSEUM” DE LONDRES.



piente industria de ingeniería, y fruto de ello fue la fabricación de máquinas que resultaron básicas para el desarrollo de la Revolución Industrial, a las que haremos referencia a continuación<sup>40</sup>.

El prensado, el estampado y el forjado dieron como resultado la estandarización, y estrechamente relacionado con ello la capacidad de intercambio de piezas<sup>41</sup>. En concreto, fue a finales del XVIII cuando, ante el aumento de la demanda de maquinaria accionada por vapor, comenzaron a construirse tornos para fabricar piezas de mayor precisión. Precisar la historia de estas construcciones es cuanto menos complicada<sup>42</sup>, pero sin duda el más importante fue el torno del inglés Enrique Maudslay, de 1797, y su versión perfeccionada tres años después, que marcaron una nueva era en la construcción de máquinas-herramientas. La construcción de estructuras metálicas en sustitución de las de madera permitió alcanzar una gran rigidez que proporcionó al torno un alto grado de precisión, aumentando las posibilidades de mecanización de piezas de mayor tamaño y peso con metales de mayor dureza.

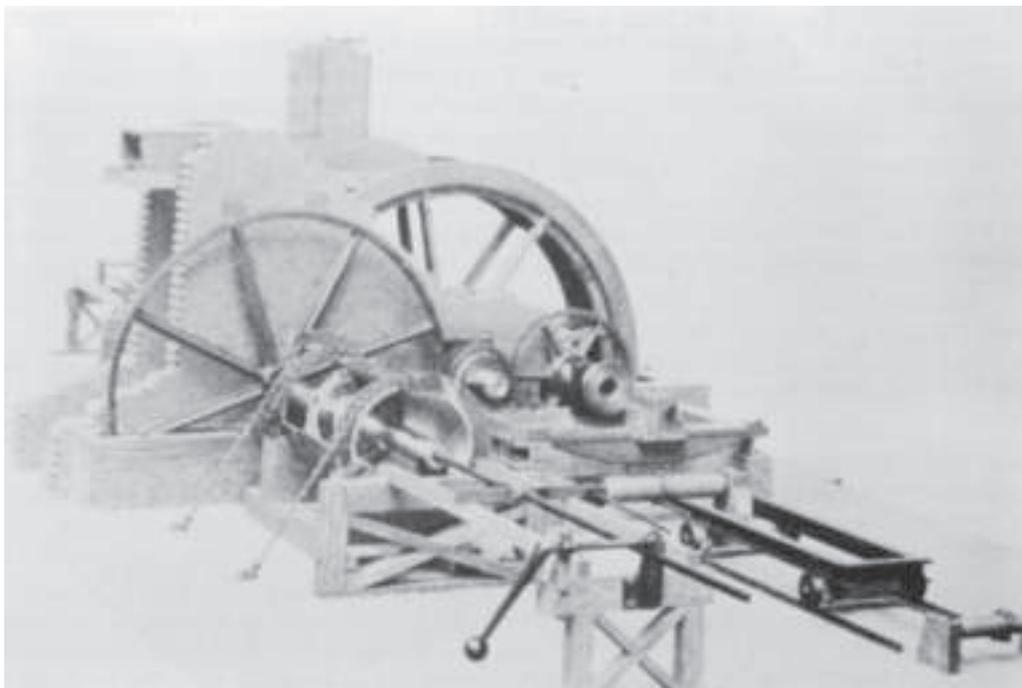
El mismo James Watt, pese a que la invención de su máquina de vapor cabe situarla en el año 1765, sin embargo no solucionó los problemas para poner en fabricación su idea hasta cuatro años después. Intentó mandrinar los cilindros en las máquinas existentes entonces con resultado negativo, al no lograr la precisión deseada. En 1775, John Wilkinson construyó una mandrinadora para cilindros, más avanzada técnicamente y de mayor precisión, que resolvió los inconvenientes que existían en el mecanizado del cilindro de Watt. En 1776, Boulton, socio de Watt, llegó a afirmar:

<sup>40</sup> Las reproducciones que se exponen en este artículo sobre el primer torno de Enrique Maudslay, la mandrinadora de John Wilkinson, el cepillo de James Fox y la fresadora de Eli Whitney proceden de la publicación URDANGARÍN, C. y ALDABALDETRÉCU, F.: *Historia técnica y económica de la máquina herramienta*, San Sebastián, Caja de Ahorros de Guipúzcoa, 1982, pp. 90 y ss.

<sup>41</sup> GREDON, S.: *La mecanización toma el mundo*, Barcelona, 1978, p. 65.

<sup>42</sup> Ya Leonardo da Vinci, en 1498, diseñó un torno de roscar de movimiento continuo. Pero fue en la segunda mitad del XVIII cuando conoció sus principales avances. En Francia se conoció el torno de Vaucanson, que se construyó hacia 1760; y el torno de Senot, de 1795.

## MANDRINADORA DE JOHN WILKINSON, CONSTRUIDA EL AÑO 1775 (“SCIENCE MUSEUM” DE LONDRES).



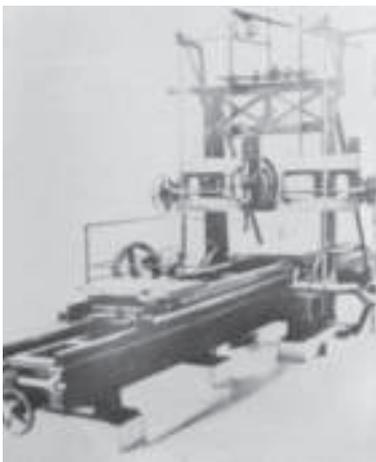
*Wilkinson ha mejorado el arte de perforar cilindros, por lo que prometo que en un cilindro de 72 pulgadas no llegará a haber ni el error máximo que representa el espesor de una moneda de 6 peniques<sup>43</sup>.*

Del mismo modo, el imparable avance que registró la industrialización permitió hacer frente a problemas mecánicos ya veteranos. Uno de ellos era planear planchas de hierro, que hasta inicios de la Revolución Industrial se vino haciendo de forma manual, con el empleo de la lima y el cincel. Ese trabajo tan laborioso se pudo sustituir mediante la mecanización, concretamente mediante la creación, a principios del siglo XIX por el francés Caillon de una nueva máquina: el cepillo. Los inventores ingleses también reclamaron su invención, y entre ello resaltar la figura de James Fox, que en 1821 llegó a construir una cepilladora de grandes dimensiones.

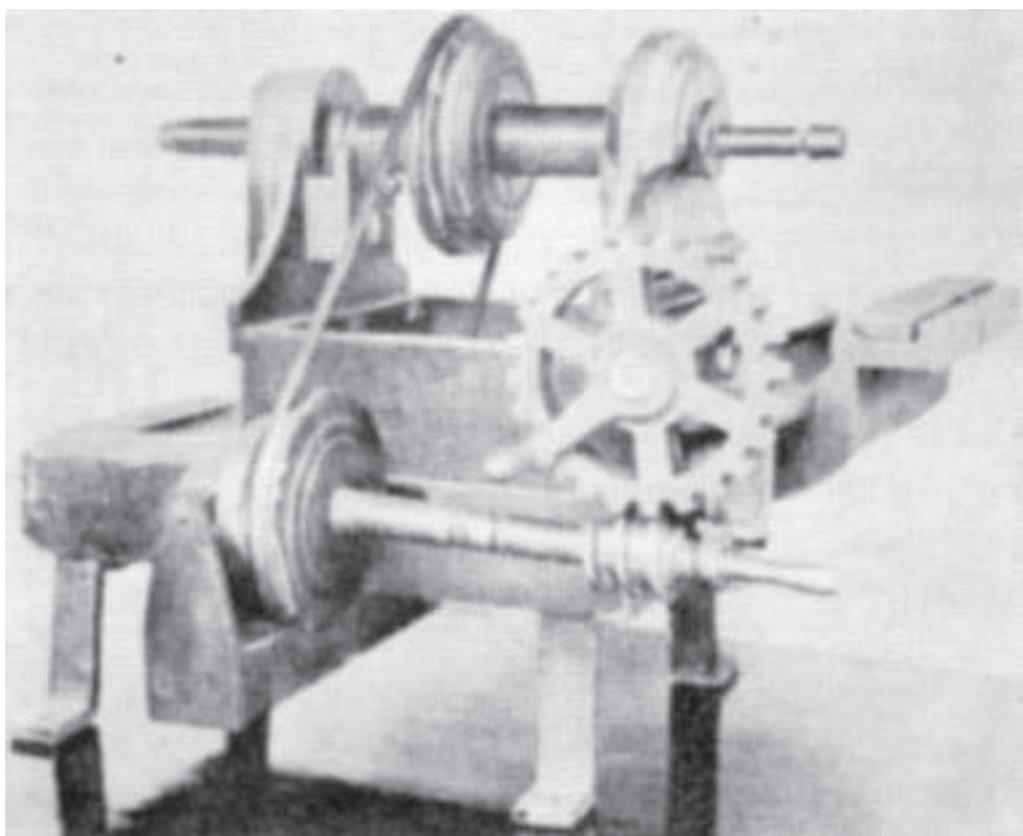
Terminamos nuestra referencia a estas máquinas tan importantes para el desarrollo de la Revolución Industrial con las fresadoras, cuya creación obedeció, entre otras razones, a la necesidad de solucionar y perfeccionar el tallado de dientes de engranajes. La necesidad de fabricar armamentos en grandes series fue también otro de los factores que facilitaron el desarrollo de esta técnica. Citamos en ese sentido el ejemplo del estadounidense Eli Whitney, a quien el gobierno norteamericano adjudicó la fabricación de fusiles, lo que le planteó la posibilidad de la fabricación en serie. Con ese fin, en el año 1818 creó la primera máquina de fresar.

<sup>43</sup> URDANGARÍN, C. y otros: *Op. cit.*, p. 98.

CEPILLO DE JAMES FOX, CONSTRUIDO EL AÑO 1821 (BIRMINGHAM MUSEUM).



FRESADORA DE ELI WHITNEY, CONSTRUIDA EL AÑO 1818  
("MECHANICAL ENGINEERING MUSEUM" DE YALE).



En suma, y a modo de conclusión, es preciso señalar que la Revolución Industrial no cabe entenderla como un cambio súbito y radical, sino más bien como un proceso que se fue consolidando con el transcurso de los años y tuvo en Inglaterra su referencia principal. Ese tiempo largo en su afirmación no oscureció sus consecuencias. Y es que los cambios tecnológicos introducidos por la Revolución Industrial supusieron una ruptura con el pasado mucho más drástica que cualquier otra desde la invención de la rueda. La ciencia pura, es decir, la física y la química, que tuvieron, como ya se ha señalado, poco protagonismo en las primeras fases de la industrialización inglesa, se fueron afianzando poco a poco, de forma que a medida que avanzaba el siglo XIX su aportación fue cada vez más decisiva. La aplicación sistemática de la ciencia a la industria produjo la tecnología moderna, que, a su vez, produce y se espera que produzca nuevas soluciones a los problemas que vayan surgiendo.

La sociedad contemporánea, que utiliza la maquinaria de motor, tras haber comenzado con la era del carbón pasó, a finales del siglo XIX, a la era de la electricidad y del petróleo, que dio origen al motor de combustión interna, y en especial al automóvil. Avances tecnológicos que a mediados del siglo XX se vieron fortalecidos con la retro-propulsión y la energía nuclear. Desarrollo interminable también en el sentido geográfico, pues la industria moderna que comenzó en Inglaterra y luego se extendió a Europa y América del Norte, siguió extendiéndose por América Latina y por Asia, hasta el punto que las nuevas fábricas en el continente asiático socavan los fundamentos mismos sobre los que en otro tiempo se levantó la supremacía industrial de los antiguos centros de la civilización occidental. Hasta dónde puede llegar esta aparente infinitud, tanto en el sentido tecnológico como en el geográfico, es una pregunta para el futuro, a la que ningún trabajo de historia puede tener la pretensión de responder.