quiebra ni rompe fácilmente cuando lo tejen las máquinas. Y bastará recordar que fué la mecanización de la industria textil la que inició la cra de la maquinaria. En segundo lugar, el sistema de producción gremial, con sus restricciones minuciosas, nunca había arraigado en el territorio británico tan firmemente como en los países continentales. A fines del siglo xvII se habían abandonado ya las reglamentaciones establecidas; sobre todo en los condados del norte. Esta fué, dicho sea de paso, una de las razones principales de que la revolución industrial se iniciara en la Inglaterra septentrional antes que en las regiones más cercanas al continente. Por último, como la riqueza se hallaba distribuída en Inglaterra más equitativamente que en la mayoría de las demás naciones en esa época, sus fabricantes podían dedicarse a producir grandes cantidades de mercaderías corrientes y baratas en vez de cantidades reducidas de artículos de lujo. Esto contribuyó mucho a que se adoptaran los métodos fabriles, con la esperanza de aumentar la producción. En Francia, por lo contrario, los fabricantes debian producir artículos de lujo para satisfacer los gustos de una pequeña clase de elegantes inútiles. Como en las nereaderías de ese tipo lo que más importaba era la calidad de la hechura, no existía incentivo alguno para la invención de máquinas.

III. - HOMBRES Y MAQUINAS EN LA PRIMERA ETAPA

La aplicación de la maquinaria a la industria algodonera

La ctapa inicial de la revolución industrial, desde alrededor de 1760 hasta 1860, presenció la aplicación en gran escala de la maquinaria a la industria, lo que sentó las hases para nuestra civilización mecánica moderna. Como hemos visto, la primera rama de la industria que se mecanizó fué la de fabricación de paños de algodón. No era una de las industrias británicas más importantes, pero si todavia reciente y los empresarios estaban en libertad de emplear casi tedos los métodos que se les antojase. Adomás, constituía un negocio en el que los beneficios dependían de la cantidad de la producción. Si la industria había de progresar era necesario idear los medios de producir hilaza en cantidad mucho mayor que la que se podía conseguir con los implementos primitivos todavía en uso. El primer invento que vino a satisfacer esa necesidad fue el torno para hilar inventado por Jacobo Hargreaves en 1767. Este torno, llamado también jenny, nombre de la esposa del inventor, era en realidad un torno de hilar compuesto, capaz de producir ocho hebras al mismo tiempo. Por desgracia esas hebras no cran lo bastante fuertes para que se las pudiera utilizar como fibras longitudinales o urdimbre del paño de algodón. Hasta el invento del telar hidráulico por Ricardo Arkwright unos dos años después no fué posible producir en cantidad hilos de algodón de ambas clases. Por último, en 1779, etro inglés llamado Samuel Crompton combinó las características del telar jenny y el hidráulico en un aparato hibrido al que llamó apropiadamente mula y que tira del hilo, lo pone tenso y lo tuerce en una sola operación. Esta máquina fué mejorada poco a poco, hasta que unos veinte años después era capaz de hilar simultáneamente cuatrocientas hebras de hilo de la mejor calidad.

El telar de fuerza mecanica y la desmotadora de algodón

Todavía no se habían resuelto por completo los problemas de la industria algodonera. La invención de máquinas de hilar había hecho más que remediar la falta de hilaza, pero escaseaban los tejedores. Estos podían exigir salarios tan altos que, según se afirmaba, andaban exhibiéndose con billetes de cinco libras prendidos a la cinta del sombrero y comían ganso asado los domingos. Pronto se hizo evidente que el único remedio para esa escasez de tejedores era la invención de alguna máquina automática que reemplazara al telar de mano. Muchos decian que ese invento cra Imposible, pero un sacerdote de Kent, el reverendo Edmundo Cartwright, no era hombre que se desanimaba tan fácilmente. Opinaba que si cra posible aplicar al hilado una máquina automática, era lógico que se pudiera hacer lo mismo con el tejido. Como sus conocimientos mecánicos eran deficientes, contrató a un carpintero y un herrero para que llevaran a la práctica sus ideas. El resultado fué el telar de fuerza mecánica, que Cartwright patentó en 1785. Pero pasaron muchos años antes que se le introdujeran las mejoras necesarias para que diera resultados más que modestos. Hasta alrededor de 1320 no reemplazó en gran escala a los métodos de tejer más primitivos. Entretanto, la invención de una máquina que separaba las semillas de algodón de la fibra hizo posible un abastecimiento mucho mayor de algodón en rama a precio más bajo. Fué la desmotadora de algodón, inventada por un maestro de escuela yanqui, Eli Whitney, en 1792.

Origen del sistema fabril

Algunos de los nuevos inventos en la industria textil contribuyeron al nacimiento del sistema fabril. El telar hidráulico, la hiladora mecánica y el telar automático eran máquinas grandes y pesadas que no podían ser instaladas en las viviendas humildes de los obreros. Todas ellas habían sido ideadas para que funcionasen impelidas por la fuerza motriz y, además, eran demasiado costosas para que pudiese adquirirlas quien no fuera capitalista. En consecuencia, fué inevitable que se las instalase en grandes edificios y que los obreros encargados de su funcionamiento trabajasen bajo la vigilancia del propietario o de un administrador que actuaba en su nombre. Tales eran los elementos esenciales del sistema fabril en su forma original. Como correspondía, el verdadero fundador de este sistema fué Ricardo Arkwright, el inventor del telar hidráulico. Gracias a una perseverancia indomable y a una administración sagaz, Arkwright, que era un barbero y fabricante de pelucas oscuro, llegó a ser el primero de los grandes industriales. Trabajaba comúnmente desde las cinco de la mañana

hasta las nueve de la noche y durante años tuvo que vencer muchos obstáculos. Encontró la oposición persistente de la poderosa industria lanera. Sus talleres eran asaltados por turbas de obteros iracundos que temían que las máquinas los dejaran sin trabajo. Lo acusaron, quizá con alguna razón, de haberse apropiado de ideas ajenas para inventar el telar hidráulico. Se dice que gastó una suma equivalente a sesenta mil dólares antes que sus planes le produjeran beneficios. En 1771 estableció su primera fábrica, movida por la fuerza motriz del agua.

La máquina de vapor de Newcomen

Es difícil creer que el sistema fabril habria llegado nunca a adquirir mucha importancia si no se hubiese perfeccionado la máquina de vapor. Las ruedas hidráulicas eran lentas y no siempre se disponía de corrientes capaces de moverlas. Se probaron otras fuentes de fuerza mecánica, pero con resultados todavía menos satisfactorios. El telar original inventado por Cartwright era movido por una vaca y algunos de sus sucesores empleaban caballos y hasta perros de Terranova. Desde hacía siglos se sabía que se podía emplear el vapor como fuerza mecánica. Herón de Alejandría en el siglo I, a. de C., Leonardo de Vinci en el Renacimiento y otras personas a comienzos del período moderno habían ideado va máquinas de vapor rudimentarias. Pero ninguna de ellas había sido empleada sino para dar vuelta al asador en las cocinas reales y realizar milagros en los templos antiguos. El primero que aplicó la fuerza del vapor con fines industriales fué Tomás Newcomen, quien en 1712 ideó una máquina tosca pero eficaz para bombear el agua en las minas de carbón inglesas. A mediados del siglo se hallaban ya en uso cerca de un centenar de máquinas de esa clase. Algunas tenían un tamaño enorme y podían realizar el trabajo de cincuenta caballos; una de ellas contaba con un cilindro de dos metros de diámetro. Hasta la más pequeña podía generar una fuerza mayor que la mayoría de las ruedas hidráulicas.

· Jacobo Watt mejoró mucho la máquina de Newcomen

Aunque tenía un valor muy grande para la industria del carbón, la máquina de Newcomen adolecía de defectos que impedían su uso en gran escala con fines industriales. Por de pronto, malgastaba el combustible y la fuerza mecánica. Estaba construída de tal modo que después de cada golpe de pistón había que condensar el vaper rociando el cilindro con agua fría. Esto significaba la necesidad de volver a calentar el cilindro antes del golpe siguiente, y el calentamiento y enfriamiento alternados retardaban mucho el funcionamiento de la máquina. En segundo lugar, el "amigo del minero" de Newcomen sólo podía adaptarse al movimiento rectilíneo necesario para bombear; todavía no se había descubierto el principio de la conversión de la acción rectilínea del pistón en movimiento rotatorio. Jacobo Watt, fabricante de instrumentos científicos para la Universidad de Glasgow, remedió ambos defectos. En 1763 le pidieron que reparara

una máquina de Newcomen. Mientras se dedicaba a esa tarea se le ocurrió la idea de que la máquina mejoraría mucho si se le agregaba una cám ra separada para condensar el vapor, haciendo innecesario el enfriamiento del cilindro. En 1769 patentó la primera máquina que contaba con esa cámara. Más tarde ideó una nueva disposición de las válvulas que permitía inyectar el vapor por los dos extremos del cilindro, con lo que el pistón podía funcionar lo mismo hacia atrás que hacia adelante. En 1782 ideó el medio de convertir la acción del pistón en movimiento circular, lo que hizo posible emplear el motor para el funcionamiento de las maquinarias fabriles. Por desgracia, la capacidad comercial de Watt no era tan grande como su genio de inventor. Confesaba que "le era más fácil hacer frente a un cañón cargado, que arreglar una cuenta discutida o cerrar un trato". En consecuencia, contrajo deudas al tratar de colocar sus máquinas en el mercado. Lo salvó, no obstante, Mateo Boulton, rico fabricante de artículos de ferretería de la ciudad de Birmingham. Ambos formaron una sociedad, con Boulton como capitalista, En 1800 la casa había vendido ya 289 máquinas para uso de fábricas y minas.

Importancia de la máquina de vapor

Pocos inventos han ejercido en la historia de los tiempos modernos una influencia mayor que la máquina de vapor. Contrariamente a la opinión general, no fué la causa principal de la revolución industrial, sino más bien una de sus consecuencias. La máquina de Watt no habría llegado a existir de no ser por la demanda de una fuente eficaz de fuerza mecánica para poner en funcionamiento las máquinas pesadas ya inventadas de la industria textil. Por otra parte, el perfeccionamiento de la máquina de vapor contribuyó ciertamente a acelerar la industrialización. Dió más importancia a la producción de carbón y hierro e hizo posible, como veremos en seguida, una revolución en los transportes. Creó oportunidades casi ilimitadas para acelerar la fabricación de mercaderías, convirtiendo a las naciones industrializadas en las más ricas y poderosas del mundo. Con anterioridad al perfeccionamiento de la máquina de vapor, los recursos de fuerza mecánica estaban en gran parte, a merced del tiempo. En las temporadas de sequía, el caudal bajo de los ríos obligaba-probablemente a reducir la actividad de los molinos o a suspenderla por completo. En sus viajes por el océano, los barcos solían demorarse semanas enteras por la falta de viento. En adelante se podía contar con una provisión de energia constante que se producía y utilizaba cuando era necesario. Por lo tanto, no se exagera al afirmar que la máquina de Watt señaló el comienzo de la era de la fuerza motriz

La industria del hierro

Una de las industrias que deben su desarrollo rápido al perfeccionamiento de la máquina de vapor es la del hierro y sus derivados. Si bien muchas de las máquinas nuevas, como la hiladora y el telar hidráulico, podían construirse con madera, las máquinas de vapor requerían un material más sólido. Además, los cilindros de esas máquinas debían ser perforados con la mayor exactitud posible para evitar la pérdida de energía. Esto hacía necesario un progreso considerable en la producción de herramientas y en los métodos científicos empleados en la fabricación de artículos de hierro. El primero que se dedicó a esa tarea fué Juan Walkinson, fabricante de cañones que seguia la práctica tradicional de los mercaderes de la muerte absteniendose escrupulosamente de hacer intervenir el patriotismo en los negocios. En 1774 patentó un procedimiento para perforar cilindros que reducia el porcentaje de error a una cantidad muy pequeña para esa época. Más tarde se dedicó a la fabricación de lanchones de hierro y de chapa para puentes del mismo metal. Jamás escribió una carta en la que no se mencionase el hierro en cada página y dispuso en su testamento que lo enterrasen en un ataúd de hierro. Todavía más importantes que las realizaciones de Wilkinson fueron las de otro inglés, Enrique Cort, contratista naval. En 1784 ideó el procedimiento para afinar o batir el hierro fundido con el fin de climinar una cantidad mayor del carbono que contiene. Esto hizo posible la producción de un metal de calidad superior, casi tan resistente como el hierro forjado y mucho más barato. Dos años después inventó el laminador para la fabricación de chapas de hierro. Estos dos inventos revolucionaron la industria. En menos de veinte años se cuadruplicó la producción de hierro en Inglaterra y el precio se redujo a una pequeña parte de lo que había sido anteriormente.

Primeros progresos en los transportes

Los cambios fundamentales en los métodos de produccién que acabamos de describir fueron seguidos pronto por progresos trascendentales en los transportes. Los primeros signos de una mejora concreta en la manera de viajar comenzaron a aparecer alrededor de 1780. En esa época se emprendió seriamente en Gran Bretaña la construcción de caminos públicos y canales. En 1830 casi todas las carreteras contaban ya con desagües y pavimento de piedra triturada, en tanto que los cursos de agua principales estaban unidos por una red de canales de tres mil setecientos cincuenta kilómetros. El mejoramiento de los caminos hizo posible un servicio de diligencias más rápido. El director general de Correos inauguró en 1784 un servicio postal con coches que corrían constantemente día y noche y cubrían en veinticuatro horas una distancia de ciento ochenta kilómetros. A fines del siglo circulaban entre las ciudades principates diligencias especiales llamadas "máquinas volantes" y a veces alcanzaban la velocidad sensacional de catorce o quince kilómetros por hora.

1) Los primeros ferrocarriles

Pero el progreso verdaderamente importante en los transportes no se produjo hasta después de haber sido aceptada en todas partes la máquina de vapor como fuente de energía segura. Primeramente se hicieron ensa-

yos para emplear el vapor en las diligencias y circularon por las carreteras algunos antepasados del automóvil moderno. El que tuvo más éxito fué uno construído por Ricardo Trevithick alrededor de 1800 y que logró recorrer 135 kilómetros por la carretera de Londres a Plymouth. Poco a poco se generalizó la creencia de que sería más útil emplear la máquina de vapor para arrastrar una hilera de coches sobre rieles de hierro. Ya existían algunas líneas férreas para el transporte de carbón, pero los coches eran arrastrados por caballos. El hombre que mús contribuyó a que circulara el primer ferrocarril fué Jorge Stephenson, ingeniero autodidacta que no había aprendido a leer hasta los diecisiete años de edad. Mientras trabajaba como maquinista en un mina de carbón dedicó sus horas libres a hacer experimentos con locomotoras. En 1822 convenció a un grupo de personas que proyectaban un ferrocarril para el transporte de carbón desde Stockton hasta Darlington de la conveniencia de la tracción a vapor y se le nombró ingeniero de la línea con amplias facultades para realizar sus planes. El resultado fué la inauguración, tres años después, del primer ferrocarril impulsado por una máquina de vapor. Las locomotoras que construyó Stephenson para esa línea alcanzaban una velocidad de veintidos kilómetros por hora, la mayor a que habían viajado hasta entonces los seres humanos. En 1830 ideó su famoso Cohete, que atronó las vías del ferrocarril de Mánchester a Liverpool casi a doble velocidad que los modelos primitivos. Antes que muricra Stephenson en 1848 se habían construído en Inglaterra cerca de nueve mil kilómetros de líneas férreas y una cantidad parecida en los Estados Unidos.

2) Comienzo de la navegación de vapor

Entretanto, se iba aplicando poco a poco la máquina de vapor al transporte por agua. En esto quienes tomaron la delantera fueron los norteamericanos más bien que los ingleses. Todavía se discute a quién se debe atribuir concretamente la invención del barco de vapor, pues hay pruebas de que contribuyeron a ello varias personas. Según los datos que se poseen, el primero que puso en movimiento a un barco impulsado exclusivamente por medio del vapor fué un mecánico de Virginia llamado Jacobo Rumsey. En 1785, y en presencia de Jorge Washington, remontó con su embarcación las aguas del Potomac, contra la corriente y a una velocidad de seis kilómetros por hora. Poco tiempo después otro norteamericano, Juan Fitch, construyó un barco que transportó pasajeros por el río Delaware durante varios meses en 1790. El barco de vapor de Fitch tiene importancia especial porque poseía una hélice tosca en vez de la rueda de paleta empleada por todos los demás inventores. Pero Fitch no consiguió hacer negocio con su embarcación. Después de tratar inútilmente de convencer al gobierno para que aceptara su invento, se suicidó en 1798. A un tercer norteamericano, Reberto Fulton, se le atribuye el haber hecho del barco de vapor un buen éxito comercial. Es dudoso que Fulton fuera más ingenioso que Rumsey y Fitch, pero era vendedor y gestor lo bastante eficaz para conseguir el apoyo de un capitalista rico, y sabía cómo llamar

la atención del público. En 1807 sué aclamado como héroe nacional cuando su Clermont, equipado con una máquina Boulton y Watt y una rueda de pala, recorrió por su propio impulso la distancia entre Nueva York y Albany. Así comenzó la era de la navegación de vapor. Pronto empezaron a navegar por los ríos y lagos no sólo de América, sino también de Europa, barcos con rueda de pala semejantes al de Fulton. En abril de 1838 cruzaron el Atlántico los primeros barcos de vapor: el Sirius y el Great Western. Dos años después fundó Samuel Cunard la famosa Línea Cunard que realizaba un servicio transoccánico regular con barcos impulsados enteramente por el vapor.

Invención del telégrafo

El progreso más importante en las comunicaciones durante la primera ctapa de la revolución industrial se debió a la invención del telégrafo. Ya en 1820 había descubierto el físico francés Ampère que se podía emplear el electromagnetismo para enviar mensajes por cable entre puntos distintos. Todo lo que quedaba por hacer era idear instrumentos adecuados para transmitir y recibir los mensajes. Varias personas realizaron experimentos con ese fin. Tres de ellas lo consiguieron casi simultáneamente. En el año 1837 inventaron sistemas de telegrafía eléctrica el alemán Carlos Steinheil, el inglés Carlos Wheatstone y el norteamericano Samuel Morse. Pero hasta 1844 no se instaló la primera línea telegráfica útil para fines comerciales. Era la línea entre Baltimore y Washington, que Morse consiguió establecer sobre la base de mejoras inventadas por él. En adelante las redes telegráficas se multiplicaron en el mundo entero. Pronto quedaron midas por ellas todas las ciudades importantes y en 1851 se había tendido ya un cable a través del Canal de la Mancha. Todo este progreso culminó con el primer cable tendido a través del Atlantico en 1366 bajo la dirección del capitalista norteamericano Ciro Field.

Mejoras en la agricultura

En nuestro estudio de la revolución comercial hicimos notar que la acompañaron, sobre todo en Inglaterra, cambios trascendentales en la agricultura, como la desaparición del sistema señorial, el cercado de las tierras comunes y la consolidación de las propiedades individuales. La revolución industrial se manifestó también en la agricultura, sobre todo durante los sesenta primeros años del siglo XIX. Entre esas manifestaciones pueden citarse el mejoramiento de las razas de ganado, el cultivo de productos nuevos, como la remolacha, que se producía en gran escala en Alemania y Francia; y el desarrollo de la química agrícola por Justo von Liebig (1803-1873), lo que hizo posible la producción de abonos artificiales. La agricultura de ese período sufrió también la influencia de la mecanización. Se diseñaron mejores arados y rastrillos y se adoptó en todas partes la trilladora mecánica. El granjero norteamericano Ciro Mc Cormick patentó en 1843 su segadora mecánica y poco tiempo después se

inició su fabricación en Chicago. En 1860 se vendían ya esas máquinas a razón de veinte mil por año. Como consecuencia de todas esas mejoras, la agricultura conoció en todo el mundo una prosperidad sin precedentes que duró hasta la depresión de 1873.