

TECNOLOGÍA

TEMA 5

**EL DESARROLLO CIENTÍFICO Y
TÉCNICO A LO LARGO DE LA
HISTORIA: CONTEXTO SOCIAL Y
LOGROS CARACTERÍSTICOS**

ÍNDICE	Página
INTRODUCCIÓN	
LOS INICIOS DE LA TECNOLOGÍA Y EL HOMBRE	4
Las primeras herramientas de piedra	
La utilización del fuego	
Los comienzos de la minería	
La domesticación de animales	
El comienzo de la agricultura	
La revolución urbana y el transporte	
TECNOLOGÍA MESOPOTÁMICA Y EGIPCIA	6
Obras hidráulicas para el riego	
El proceso de las materias primas	
La metalurgia	
La construcción	
LAS CIVILIZACIONES CLÁSICAS	8
Inventores griegos	
La rueda hidráulica	
Tecnología militar grecorromana	
Carreteras	
Higiene	
Construcción	
LA EDAD MEDIA	10
Tecnología militar	
La expansión de la agricultura	
Mejoras en los transportes	
Artes y oficios	
Conclusión	
EL RENACIMIENTO	13
La preminencia de Italia	
La agricultura	
Maquinaria	
Los metales	
Expansión del transporte	
La guerra	
Conclusión	
ANTECEDENTES DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL (1600-1750) .	15
Instrumentos científicos	
El torno	
Ciencia y Tecnología	
Transporte y Construcción	
LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	18
Industria textil	
La máquina de vapor antes de 1830	
El vapor en los medios de transporte	
Procesos en metalurgia	
Comienzos de la electricidad	
EL SIGLO XIX A PARTIR DE 1830	21
Aplicaciones de la electricidad	
Las comunicaciones	
Tecnología de los alimentos	
Máquinas y máquinas-herramientas	
Los inicios del motor de combustión interna	
EL SIGLO XX	25
Las Revoluciones Científicas	
Biotecnología	
Tecnología de los materiales	
Informática	
Telecomunicaciones	
Fuentes energéticas	
Transportes	

INTRODUCCIÓN

La tecnología es un término que difícilmente puede ser definido con precisión debido a la gran cantidad de disciplinas que abarca. De modo general podría decirse que la tecnología consiste en los esfuerzos del hombre para enfrentarse a su entorno físico, tanto el que aporta la naturaleza, como el creado por los propios logros tecnológicos del hombre (ej: las ciudades) y sus intentos para dominar o controlar ese entorno por medio de su imaginación e ingenio en la utilización de los recursos disponibles.

Popularmente se considera a la tecnología como sinónimo de máquinas de diversos tipos y por tanto la historia de la tecnología es considerada simplemente como una narrativa cronológica de inventores, de sus creaciones y procesos técnicos que actúan en su ámbito. La historia de la tecnología es mucho más ya que la invención es una actividad social muy afectada por las necesidades sociales, por las exigencias económicas, por el nivel de la tecnología en un momento dado y por las circunstancias psicológicas y socioculturales de la época.

La Ciencia se preocupa por la comprensión de los fenómenos naturales y por la constante extensión del conocimiento de cuanto ocurre a nuestro alrededor y a diferencia de la tecnología no se ocupa de la aplicación de estos conocimientos a usos prácticos. Pero la tecnología no es sinónimo de ciencia aplicada ya que durante siglos los hombres construyeron máquinas y aparatos sin comprender por qué funcionaban o por qué se comportaban de una u otra forma, aunque en muchos casos como por ejemplo en lo que respecta a la energía nuclear, el conocimiento científico esté estrechamente vinculado a los logros técnicos.

De cualquier modo, la Ciencia y la Tecnología se han complementado muchas veces a lo largo de la historia ya que muchos descubrimientos científicos han posibilitado un gran avance y perfeccionamiento de la tecnología y a la inversa los problemas que se va encontrando el tecnólogo al aplicar la información científica disponible, estimulan, retan y guían al científico.

Por último destacar que la organización del trabajo en tecnología es tan importante como la técnica utilizada para la finalidad del mismo.

LOS INICIOS DE LA TECNOLOGÍA Y EL HOMBRE

La tecnología es tan antigua como el mismo hombre. Desde el día en que las primeras criaturas humanoides merodearon por la tierra hace unos 25 millones de años ya eran usuarios de herramientas. Los primeros restos humanos encontrados que se remontan a medio millón de años (hombre de Pekín) están acompañados de piedras talladas para ser utilizadas como herramientas. El hombre por ser una criatura demasiado débil para competir en la lucha con las fieras y los caprichos de la naturaleza no hubiera sobrevivido sin el desarrollo de su actividad manual para fabricar herramientas o utensilios primitivos con los que adaptarse al medio ambiente.

Las primeras herramientas de piedra

Los arqueólogos identifican y clasifican los antiguos asentamientos humanos mediante la forma y tipo de las herramientas encontradas. Las primeras eran pedruscos cuya forma adecuada ya les había sido dada por la Naturaleza. Se denominan eolitos porque se remontan al período Eolítico o primera Era de Piedra, hace un millón de años. Poco a poco el hombre empezó a dar forma a las piedras consiguiendo herramientas provistas de filos o puntas para cortar y golpear. Esto sucedió durante la antigua Edad de Piedra que duró alrededor de 1 millón de años hasta el 8000 a.C. y que se denomina Paleolítico. En el 15000 a.C. ya se construían en Europa y Oriente Próximo herramientas más perfeccionadas pues se descubrieron piedras como el sílex y la experiencia enseñó al hombre a golpearlas según el ángulo adecuado para que la esquirla desprendida fuera exactamente la predeterminada.

También durante este periodo el hombre empleaba materiales como la madera, el marfil y el hueso aunque sólo se han encontrado restos de estos materiales en algún caso excepcional debido a que son materiales perecederos.

Fue en el Paleolítico también cuando apareció el lenguaje como anexo al pensamiento y el desarrollo de la historia del arte conservándose pinturas rupestres en paredes de cuevas que reflejan sus herramientas, sus técnicas de caza, etc. Sin embargo no se nos permite ningún contacto íntimo con sus pensamientos hasta que alrededor de 3500 a.C. aparecen los primeros escritos en el cercano Oriente.

La utilización del fuego

En un principio el hombre se vio amenazado y atemorizado por los incendios forestales, pero finalmente lo convirtió en una bendición para la humanidad. Los primeros usuarios habían de mantener aquellas hogueras que a veces encontraban en la naturaleza pues no tenían medios para producirlas a voluntad. Fue en el Paleolítico cuando el hombre descubrió el método de percusión que consistía en hacer chocar trozos de sílex y piritas produciendo chispas capaces de inflamar hojas secas. Otros métodos como el del calor de fricción entre dos trozos de madera se originaron en fechas más tardías. El fuego fue sin duda el descubrimiento más importante del hombre paleolítico que lo usó no sólo para calentar su cuerpo sino también para la preparación de sus alimentos comenzando así el nacimiento del arte culinario que le ayudó a predigerir alimentos, incrementar ampliamente la gama de productos alimenticios y lo que es más importante al secar la carne y otros alimentos con ayuda del fuego pudo contar con unas reservas que le ayudaron a subsistir en épocas de escasez.

Gradualmente surgieron diversas maneras de preparar la comida, desde el método primitivo de sostener el alimento sobre el fuego o depositarlo sobre él a la fabricación de recipientes y utensilios cada vez más sofisticados como vasijas de piedra, braseros (fuegos portátiles) para calefacción doméstica e incluso fuelles para atizar el fuego. La

aparición de la cerámica no tuvo lugar hasta el periodo del Neolítico o nueva Edad de Piedra que duró desde 8000 a.C. hasta el 2500 a.C. que fue cuando el hombre descubrió como endurecer al barro al ser sometido a un prolongado calentamiento.

El combustible usado por el hombre prehistórico era fundamentalmente la leña, aunque en regiones menos montañosas también se usaban materiales como estiércol seco, o huesos de animales secos. Más tarde la madera fue convertida masivamente en carbón vegetal y esta combustión fue responsable de la deforestación de la zona mediterránea en la antigüedad.

El fuego permitió la aparición de dispositivos para la iluminación. En ciertos casos se introducía una mecha en animales grasientos como el petrel o el pez candela que proporcionaban una llama aceptable pero lo más frecuente era la extracción del aceite a partir del animal que se utilizaba en lámparas hechas con piedras ahuecadas con mecha colgante o flotante. Estas lámparas fueron usadas ya durante el Paleolítico hace unos 12000 años para dibujar sobre las paredes de cuevas. En zonas costeras se empleaban como lámparas conchas ya que su borde ondulado era muy adecuado para sostener mechas.

Los comienzos de la minería

Aunque parezca extraño, el hombre prehistórico raramente aprovechó yacimientos a flor de tierra de carbón y lignito para usarlos como combustible. Sin embargo sí que se excavaron pozos verticales en piedra caliza para buscar a profundidades de 10 a 125 metros estratos que contenían nódulos de sílex siguiendo las afloraciones superficiales pues se han encontrado esqueletos de mineros de la Edad de Piedra sorprendidos por el derrumbamiento de sus pozos.

Otro producto temprano de la minería, aparte de los ocre y otras tierras de color utilizadas como pigmentos con fines decorativos fue la sal. Este ingrediente adquirió gran importancia aportando al hombre mayor cantidad de hidratos de carbono que apenas se encontraban en su dieta. Esta era hallada excavando en estratos de rocas salinas aunque era más frecuente obtenerla por evaporación de aguas salinas procedentes de manantiales.

No fue hasta el comienzo de la Edad de Bronce (hacia el 2500 a.C.), cuando la minería se convirtió en una profesión aparte con mineros que vivían todo el año en su lugar de trabajo.

La domesticación de animales y el comienzo de la agricultura

Durante el Paleolítico el hombre ya había domesticado al perro y es probable que también lo hubiera hecho con los primeros renos, cabras y ovejas. Sin embargo fue en el Neolítico cuando se impone la agricultura y la ganadería sobre el anterior parasitismo del hombre sobre la naturaleza. A finales del Neolítico ya había una gran cantidad de animales domesticados como el cerdo, reses vacunas, el caballo para la obtención de su carne, sus pieles y su leche.

Se desconoce cuando apareció la agricultura pero en el caso de los cereales se sabe que se originaron a partir del cultivo y cruzamiento de hierbas silvestres que crecían en Siria. A partir del 8000 a.C. El Creciente Fértil situado entre la frontera egipcia hasta el delta del Éufrates y el Tigris, desempeñó el papel de centro de la agricultura mientras se propagaban los métodos de cultivo en la región mediterránea y en Europa Occidental. Sin embargo fue Europa la que dio al mundo dos nuevos cereales, la avena y el centeno. El arroz procedente de Oriente no llegaría a Occidente hasta aproximadamente el 1000 a.C. El advenimiento de la agricultura motivó el establecimiento de asentamientos más o menos permanentes y tendió a desplazar las anteriores formas de existencia nómadas.

Aunque en los primeros asentamientos agrícolas todavía había pocas trazas de especialización tecnológica pues cada hombre había de ejercer toda clase de oficios y cada hogar se bastaba virtualmente a sí mismo. La agricultura estimuló la tecnología de diversas maneras al necesitarse nuevos aperos para trabajar el suelo aunque durante los miles años de la prehistoria el progreso técnico en este aspecto fue muy lento.

La revolución urbana y el transporte

La evolución tecnológica durante el Neolítico llevó gradualmente a la producción regular de excedentes alimentarios que sustentaron lo que se ha denominado "Revolución urbana". El comercio ya no consistía solamente en artículos "de lujo" sino que los campesinos cambiaban sus excedentes agrícolas a los artesanos por los artículos que ellos producían. A pesar del incremento del comercio, el transporte era muy primitivo. Las embarcaciones consistían en manojos de juncos, canoas de madera vaciadas o barcas construidas con tablas. Aparecieron las velas cuadradas para impulsar las embarcaciones con la fuerza del viento. La navegación era prácticamente fluvial y rara vez se atrevía alguien a correr los riesgos de marear aunque fuese a lo largo de la costa marítima. El transporte terrestre fue todavía más lento. Durante muchos años se limitó a lo que los hombres o animales fueron capaces de llevar auestas. A partir de 7000 a.C se emplearon trineos montados sobre rodillos y más tarde apoyados sobre ejes que unían dos ruedas. Los auténticos vehículos sobre ruedas, con la rueda girando sobre el eje en vez de estar sólidamente fijada al mismo no aparecen hasta el final del Neolítico.

TECNOLOGÍA MESOPOTÁMICA Y EGIPCIA

La importancia del factor geográfico presenta muy especial evidencia en la historia tanto de Egipto como de Mesopotamia, con su dependencia respecto a los valles fluviales que hicieron posible la agricultura no sólo por que suministraban agua para el riego sino porque periódicamente inundaban sus orillas y apartaban el rico légamo que fertilizaba la tierra y ayudaba a producir cosechas abundantes.

Obras hidráulicas para el riego

La construcción y conservación de canales y zanjas de irrigación fue una primerísima preocupación tanto en Egipto como en Mesopotamia hasta el punto de que cuando se invadían territorios enemigos se consideraba como objetivo primordial la destrucción de sus obras de irrigación.

En Egipto se construyeron pozos graduados para medir el ascenso del caudal del Nilo y se realizó una inteligente planificación y organización de canales y diques llegando incluso a inventar maquinaria capaz de elevar el agua y extenderse así el área de cultivo hasta el borde del desierto. La crecida anual del Nilo era muy regular y se prestaba admirablemente al riego de la cuenca. Sin embargo en Mesopotamia los ríos tenían sus crecidas al principio de la primavera y el agua había de ser almacenada para regar los terrenos después de la cosecha de mediados del verano. Además el légamo que arrastraban el Tigris y el Eúfrates contenía sal y yeso disueltas y eso exigía una limpieza frecuente de canales y zanjas y muchos de esos terrenos han llegado a ser infértiles debido a la gran cantidad de sal.

El carácter tecnológico afecto al desarrollo político y social de ambos territorios ya que con el fin de construir y mantener obras de riego a tan gran escala era forzoso asegurar

una cooperación entre poblaciones. Dicha cooperación pudo haber sido democrática pero fueron los faraones en Egipto y gobernantes autocráticos en Mesopotamia los que controlaron toda la economía hasta el punto de que cuando dejó de existir una entidad supervisora tanto los valles del Tigris y el Eufrates como el del Nilo perdieron productividad y nunca más volvieron a recuperarse plenamente en el aspecto económico.

El proceso de las materias primas

Como consecuencia de la agricultura se inventaron varios dispositivos para el majado, prensado y triturado de productos agrícolas. Para el prensado de aceitunas, uvas y otros frutos jugosos se recubrían estas con una tela que se doblaba de modo que los dos extremos de la misma contuviesen un palo enfundado en ella y seguidamente cuatro hombres la hacían girar los dos palos en direcciones opuestas extrayéndose así por torsión el zumo. La molienda del trigo formaba parte de las tareas del ama de casa. A finales del segundo milenio a.C. apareció el molino manual rotatorio haciendo girar una piedra superior sobre otra inferior por medio de un palo. Esto representaría una de las primeras aplicaciones del movimiento rotatorio en maquinaria.

El único medio empleado para majar fue el mortero usado para descascarillar grano pero sobre todo para operaciones de machacado de minerales.

Las bebidas alcohólicas ya eran elaboradas por fermentación siendo la cerveza de cebada bastante popular (su sabor difería bastante del actual) y el vino sólo para los más ricos. El vino en Egipto era cultivado en las zonas irrigadas del desierto y guardado en bodegas. Mesopotamia importaba sus vinos de Siria y Palestina. Estos vinos eran de gran calidad aunque su duración era bastante poca debido a que los recipientes no eran herméticos y se desconocían los tapones de corcho. Las jarras eran selladas con tapón de paja y arcilla.

La metalurgia

En una época temprana el hombre utilizó los metales simplemente como piedras coloreadas para la ornamentación, pero después comprendió que además de poder ser tratados como las demás piedras estos podían ser fundidos dándoles una forma predeterminada. Además varios metales podían ser aleados con cobre fundido para producir un cobre "mejorado" que se denominó bronce. Este material era más resistente que la madera y la piedra. Se descubrió que el estaño era el metal que mejor se aleaba con cobre y el hecho de que este mineral fuera de gran escasez en estas zonas supuso un gran desarrollo del comercio. Más tarde apareció el hierro que significó el dominio de una serie totalmente nueva de técnicas ya que al tener este un punto de fusión demasiado alto para los hornos de la época, no se trabajaba sobre hierro fundido sino más bien sobre una masa esponjosa. La aparición de los metales contribuyó a un gran avance de la tecnología por la necesidad de dominar ciertas técnicas como la minería, el refinado, el forjado, el estampado, la laminación, la soldadura, etc.

La construcción

Mesopotamia poseía escasos recursos de madera y piedra natural, sin embargo tenía abundancia de arcilla y por ello el material de construcción más corriente fue el ladrillo cocido al sol ya que la cocción al horno resultaba demasiado caro. También utilizaban cemento formado por cal, arena y caliza triturada. Uno de los ejemplos de la brillante arquitectura desarrollada por los mesopotámicos fue los Jardines Colgantes de Babilonia.

En Egipto también escaseaba la madera pero la piedra natural abundaba utilizándose esta para los edificios de carácter principal pues las casas corrientes fueron construidas con haces de juncos o ladrillos. Los edificios más importantes construidos por los egipcios fueron las tumbas de los faraones que primeramente eran estructuras rectangulares con paredes inclinadas hacia adentro que evolucionaron hasta llegar a tener forma de pirámide escalonada y seguidamente de costados lisos. En la construcción de las pirámides cabe destacar la gran importancia de la organización del trabajo como una parte importante de la tecnología más que el uso de herramientas o técnicas especializadas, pues se construyeron sin poleas ni complicados dispositivos técnicos. No obstante, las marcas en los bloques de cantera demuestran la existencia de planos de obra.

Tanto en Egipto como en Mesopotamia, cabe destacar como la ciencia y la tecnología no trabajaban a la par para reforzarse entre sí. Mientras que la ciencia era propiedad de una casta muy educada que la aprendía en las escuelas de los templos donde también aprendían a leer y escribir, los oficios se basaban en una experiencia transmitida oralmente.

LAS CIVILIZACIONES CLÁSICAS

Durante los treces siglos (desde el 900 a.C. hasta 400 d.C.) que asignamos al periodo grecorromano, la sociedad occidental dejó de ser un conglomerado de pequeñas comunidades agrícolas para convertirse en un estado con grandes ciudades y un comercio activísimo. Estas ciudades requerían acueductos y alcantarillas, así como transporte de mercancías por tierra y mar. También necesitaban una división del trabajo, y ello condujo a la aparición de una clase de artesanos, herreros, tejedores, panaderos, etc.

Muchos eruditos argumentan que debido a la abundancia de fuerza muscular muy barata, proporcionada por los esclavos disuadió a los griegos y romanos de crear aparatos que ahorrasen estos esfuerzos. Sin embargo, hay pruebas más que suficientes que ponen de manifiesto notables progresos técnicos para aliviar la carga del trabajo del hombre, como por ejemplo la rueda hidráulica. Además la tecnología consiste en algo más que máquinas y procesos y los romanos, en especial, fueron capaces de controlar con eficiencia los recursos a su disposición, comprender las limitaciones y posibilidades de sus herramientas y materiales y organizar perfectamente sus recursos humanos

Inventores griegos

El periodo helenístico nos ha legado tres grandes inventores que aunque ninguno vivió en la misma Grecia, eran griegos por su cultura: Ctesibio, Arquímedes y Herón de Alejandría.

Ctesibio fabricó el primer cilindro provisto de un émbolo, al que cabe considerar como la primera bomba de agua. Con esta bomba construyó el primer órgano con varios tubos de diferentes longitudes y un teclado para accionarlos. También inventó el reloj de agua o clepsidra, que fue muy importante por poderse usar de noche ya que hasta entonces solo se conocía el reloj de sol.

Arquímedes es conocido como destacado matemático pero fue también un genio de la invención. Algunos de sus inventos todavía son utilizados hoy. Estudió la mecánica de

la polea y de la balanza e inventó la romana. Estudió la línea helicoidal e inventó la rosca que lleva su nombre. También juntó el tornillo con una rueda dentada consiguiendo el engranaje llamado tornillo sin fin. Cuando Siracusa, su ciudad natal, fue asediada por los romanos, mantuvo al enemigo en jaque con toda clase de inventos mecánicos.

Herón de Alejandría escribió varios libros como *Dioptra*, *Mecánica*, *Neumática*, *Teatro automático*, y *Bolopoiica* (Libro sobre catapultas). En *Dioptra* describe el invento suyo del mismo nombre, que servía para medir ángulos horizontales y verticales. La *Mecánica* era un libro para arquitectos e ingenieros, la mayoría de las herramientas descritas en él eran ya anticuadas. Sin embargo, había en él una importante novedad: el uso de la prensa de tornillo. En los libros *Teatro automático* y *Neumática* Herón describe gran cantidad de juguetes diseñados por él. La finalidad de estos juguetes era la de divertir e impresionar, constaban de dispositivos técnicos que demostraban un gran ingenio técnico, pero en absoluto un progreso tecnológico ya que no eran aplicables para aligerar la labor física del hombre.

La rueda hidráulica

Dos de las tareas más laboriosas en la antigüedad fueron el bombeo de agua para el riego y la molienda de grano para obtener harina. Estos problemas no fueron solucionados por grandes inventores de la época, sino por la lenta evolución de la habilidad de los trabajadores.

El molino de agua consistió en montar una rueda dentada en el eje de la rueda de paletas y así hacer girar un eje vertical que accionaba una piedra de molino.

Un ejemplo del uso de este tipo de molinos romanos es el de Barbégal en Francia, que data probablemente del siglo IV d.C. y fue descubierto durante el siglo XX. La energía que accionaba las ruedas de molino procedía de 16 norias colocadas en filas paralelas de ocho. Cada fila descendía cuesta abajo, de modo que el agua se precipitaba de cada rueda a la siguiente, haciendo girar las ocho antes de perderse en el desagüe.

La idea de la rueda hidráulica podía invertirse, y así aprovechar el movimiento horizontal rotatorio de animales en rotación vertical de una cadena de cubos. Las pruebas más antiguas encontradas de este tipo de norias se sitúan entre el 100 a.C. y el 100 d.C.

Tecnología militar grecorromana

El invento militar clásico más importante fue sin duda la catapulta. En el perfeccionamiento de la misma es un claro ejemplo de que el conocimiento de las matemáticas tuvo su parte en el progreso técnico de aquellos tiempos. Puesto que la mayoría de las guerras implicaban asedios a plazas fortificadas, este ataque era realizado con tortugas (refugios móviles con ruedas), torres y escalas de asalto.

Estos ingenios de sitio habían sido inventados por los griegos. Los romanos se limitaron a apropiárselos y a perfeccionarlos.

Carreteras

La mayor contribución al progreso de la civilización griega fue tal vez la tecnología militar mientras que el de la civilización romana fue sin duda el sistema de carreteras.

Las carreteras de los griegos eran meros senderos con surcos profundos que dejaban las ruedas de los carros con lo que difícilmente podían adelantar unos a otros. Únicamente se construyeron cortas carreteras pavimentadas para las procesiones religiosas a los templos.

Los romanos, en cambio, construyeron unos 70.000 km de carreteras empedradas, junto a las que había cunetas para el desagüe e incluso, a veces, aceras. Para evitar el problema de los accidentes geográficos se construyeron túneles en montañas, se dispusieron tablas apoyadas en pilares hundidos en el barro en zonas pantanosas y se construyeron puentes sobre ríos, muchos de los cuales son utilizados hoy en día.

Higiene

Los romanos se interesaron mucho no sólo por la higiene personal sino también por la salud pública. Construyeron un importante sistema de alcantarillado y acueductos para transportar agua potable a Roma desde un riachuelo de montaña. A partir de entonces ningún romano bebió de las aguas del Tíber o se bañó en ellas ya que este río recibía las aguas de las cloacas. Cada vez que los romanos ocupaban o construían una ciudad se ocupaban del suministro de agua y de la red de alcantarillado de forma primordial. Además todos los recintos deportivos públicos de griegos y romanos estaban provistos de baños con calefacción central que se convirtieron en selectos puntos de reunión. Hasta nuestros tiempos no volvió a restablecerse la higiene personal que había caracterizado a griegos y romanos.

Construcción

Los romanos descubrieron y emplearon el cemento hidráulico que se endurecía con agua en vez de disolverse en ella. Además disponían de abundante suministro local de arena pozzolana que mezclada con cal formaba un cemento impermeable. No sabían la razón de por qué este tipo de arena formaba un cemento de tan buena calidad pero gracias a la experiencia la utilizaron mucho en sus construcciones. A pesar de que el cemento hidráulico permitía unir las piedras de sus edificios, puentes y acueductos y no sólo los ladrillos cocidos al sol, todavía unían los bloques de mármol con piezas de hierro revestidas de plomo como por ejemplo en el famoso Coliseo de Roma.

Aunque el arco no fue inventado por los romanos, éstos lo utilizaron y difundieron hasta convertirlo en la estructura característica de la arquitectura romana. Los griegos en sus construcciones de piedra, siempre habían empleado la construcción a base de pilares que soportaban vigas o dinteles transversales, y aunque construyeron edificios de bellas proporciones como el Partenón, no dejaban de tener sus limitaciones pues resultaba imposible cubrir una zona extensa sin contar con la obstrucción de numerosas columnas.

El arco puntiagudo gótico, la cúpula bizantina (arco que gira sobre su eje a través de una entera circunferencia) y otras arquitecturas más modernas basadas en hormigón emplean los principios del arco de bóveda romano. Por tanto, los romanos no sólo dejaron monumentos perdurables sino técnicas de diseño para construcciones futuras.

LA EDAD MEDIA

La tradicional imagen histórica de la Edad Media (aproximadamente desde el siglo V d.C. hasta mediados del XV) ha sido una visión de decadencia, particularmente en sus inicios. Por tanto los primeros siglos (del V al IX) han sido llamados a veces la Edad Oscura. No obstante, esta visión de la Edad Media, incluido su primer periodo es falsa cuando se enfoca desde el prisma de la historia de la tecnología. En la mitad oriental de lo que había sido el Imperio Romano, Bizancio, disfrutó de una prosperidad

sorprendente durante más de mil años e incluso cuando los árabes arrebataron Siria y Egipto a Bizancio se perpetuaron los logros técnicos de Grecia y Roma.

La idea de la llamada Edad Oscura es, por tanto, sólo aplicable a la porción occidental del antiguo Imperio Romano, pero tampoco aquí lo es en lo referente a la tecnología.

Cuando los inventos de los romanos fueron desechados, siempre hubo una buena razón para ello. Las carreteras romanas eran muy costosas en su mantenimiento e incluso imperios ricos como el bizantino e islámico, decidieron que no justificaban semejante gasto. El hipocausto (sistema romano de calefacción por radiación, mediante tuberías a través de suelos y paredes) consumía demasiado combustible en proporción a los resultados y no respondía con prontitud a los rápidos cambios de temperatura del norte de Europa, por lo que se inventaron hogares de chimenea y estufas de aire caliente, más baratas y prácticas que los hipocaustos. Cuando los campesinos medievales empezaron a combinar la producción de cereales con la ganadería, la paja adquirió valor y la cosechadora romana quedó anticuada ya que la desperdiciaba. Por tanto, todo declive en tecnología a principios de la Edad Media fue más aparente que real.

Tecnología militar

Al combinarse la silla de montar con los estribos en el reino de los francos (antigua colonia romana llamada Galia), hicieron de jinete y caballo un solo organismo creando el nuevo método de combate por choque de jinetes, y señalando así, un cambio de la infantería por la caballería como principal fuerza combatiente. La violencia de este tipo de combate ocasionó la aparición de armaduras más recias, nuevos tipos de escudo y la ballesta destinada a penetrar las nuevas herraduras. La ballesta ya existía en China en edades muy tempranas y los romanos la usaban principalmente para cazar aves.

La nueva tecnología militar occidental fue superior a la del Cercano Oriente y el fracaso final de las mismas fue el hecho de que los musulmanes aprendieran a combatir al estilo europeo.

La expansión de la agricultura

El arado antiguo se limitaba a trazar unos surcos en la superficie del suelo y para revolver la tierra antes de plantar era necesario arar dos veces, con la segunda pasada perpendicular a la primera. Durante los comienzos de la Edad Media se desarrolló un arado más potente con ruedas, una hoja metálica vertical para cortar la línea del surco, una vertedera que lanzaba la tierra hacia un lado y una reja horizontal para revolver el suelo.

A diferencia de en la época romana, se realizó una integración estrecha entre ganadería y agricultura. Empezó a ser corriente el uso de la guadaña para la obtención del forraje y al final de la cosecha el ganado era llevado al campo abierto para ramonear el rastrojo, dejando además sus heces como abono para la siguiente cosecha.

Alrededor del 800 a.C. apareció el moderno arnés de caballo consistente en un collar rígido y acolchado que descansaba sobre los hombros del caballo y le permitía respirar y unos tirantes laterales colocados de modo que el punto de tracción fuese efectivo. Con este nuevo arnés la labor de arado con caballos era el doble de rápido que el de los bueyes con yugos.

También en la Edad Media el sistema de cultivo de "dos campos" consistente en cultivar la mitad del terreno y dejar la otra mitad en barbecho, pasó a un sistema de "tres campos" en la que sólo una tercera parte del terreno quedaba en barbecho incrementando notablemente la productividad.

Mejoras en los transportes

Los arneses de caballo aparecidos, fueron esenciales también para el tiro de vehículos. La genial invención, sobre el 890 d.C de las herraduras clavadas solucionaron el problema del desgaste de los cascos de los caballos.

Los caballos podían arar con tirantes unidos directamente al arado porque el surco es recto, pero con tirantes sujetos directamente a un carro, un giro a la derecha concentra toda la fuerza en el tirante izquierdo y viceversa, con lo que existe el riesgo de rotura del arnés y de volcar la carga. La solución a este problema fue la volea o balancín.

Casi al mismo tiempo se logró una mayor comodidad en los viajes al aplicar muelles a los carruajes para amortiguar del traqueteo.

Durante la Edad Media, tampoco se descuidó el transporte por agua. Ya en 1236 la esclusa fue utilizada en Brujas, pero fue en el transporte marítimo donde se consiguieron las mejoras más importantes.

Hacia el siglo IX se desarrolla en el Mediterráneo occidental una vela triangular con la que resulta mucho más fácil cambiar de bordada para virar la embarcación.

También durante la Edad Media se inició nuestro sistema actual de construcción naval, primero construyendo el esqueleto y después fijando las planchas de madera.

Otro gran avance fue la invención del timón moderno que sustituyó a los remos laterales que se rompían con facilidad. Este timón era accionado por medio de una palanca horizontal e iba unido al codaste de popa (en realidad una prolongación de la quilla).

La brújula magnética procedente de China, llegó a Europa hacia 1190 y treinta años después era de uso corriente incluso en tierras tan distantes como Islandia.

Artes y oficios

Durante la Edad Media también progresó la industria.

Poco antes del 1185, fue inventado en la región del mar del Norte el molino de viento con eje horizontal. Ya en el siglo VII había aparecido en Afganistán el primer molino de viento pero en éste el rotor giraba en torno a un eje vertical. Este molino de viento fue particularmente útil en regiones en las que había pocos ríos o donde las precipitaciones eran tan escasas que los curso de agua eran insuficientes.

Los árabes desarrollan las lentes hacia el siglo XI y el proceso de elaboración del vidrio progresa notablemente en Venecia a partir del siglo XII.

El diseño de máquinas también progresaba. El cigüeñal, combinación del manubrio y de la biela que permite la conversión de movimiento rotatorio continuo en movimiento recíproco y viceversa apareció en 1355. El volante, como regulador del movimiento rotatorio en máquinas, tiene antecedentes que se remontan al siglo XII, pero curiosamente el péndulo para regular el movimiento recíproco no aparece hasta después de unos 300 años. La máquina más antigua provista de dos movimientos correlativos fue un aserradero, presentado en 1235, que además de la acción recíproca de la sierra facilita una acción rotatoria que mantiene el tronco apretado contra la sierra.

La primera transmisión por correa surgió hacia 1280 en Alemania, con la rueda de hilar. El siglo XIV asistió a un portentoso progreso de los engranajes, que culminó en 1364 con el gran reloj planetario de Giovanni de Dondi.

Los cinco siglos que siguieron al año 1000, perfeccionaron notablemente los métodos para dominar y utilizar la energía mecánica.

Conclusión

Lejos de estancarse, la tecnología medieval produjo una revolución en la utilización humana de los recursos energéticos, transformó las artes bélicas, incrementó la capacidad del hombre para ganarse el sustento, permitió al hombre adentrarse en alta

mar y creó nuevas herramientas y combinaciones de herramientas para facilitar el trabajo. Y, sobre todo, ofreció una nueva visión de la innovación tecnológica, que preparó el camino para los dispositivos mecánicos del siguiente periodo en la historia de Occidente, conocido como Renacimiento.

Cabe destacar a Roger Bacon como gran defensor de la experimentación que previo una época de máquinas volantes buques motorizados, submarinos y automóviles, además de dar una explicación a la fabricación de la pólvora.

EL RENACIMIENTO

El período comprendido entre finales del siglo XIV y los comienzos del XVII fue la época del Renacimiento, llamada así, por el renacer del interés por la Grecia y la roma de la antigüedad clásica. Artistas, escritores, científicos, e incluso los artesanos más refinados, buscaron en el pasado inspiración y ejemplos sobre los cuales modelar su propia obra.

Pero el Renacimiento fue mucho más que esta resurrección del interés por la antigüedad clásica. Hicieron su aparición muchos aspectos nuevos. Fue el período de los grandes viajes de descubrimiento que ampliaron los horizontes de la civilización occidental, como lo hizo la invención de la imprenta, con sus efectos incalculables sobre la comunicación humana y la difusión de la información. Las riquezas del Nuevo Mundo ayudaron a desarrollar las ya de por sí crecientes economías europeas. Al propio tiempo empezaba a surgir una nueva forma política, la monarquía nacional, aunque la ciudad-estado italiana permaneció como centro a partir del cual la prosperidad y la actividad artística se extendieron a la Europa septentrional. Las luchas feudales cedieron el paso a las rivalidades dinásticas y la naturaleza de la propia guerra cambió con la aparición de la pólvora y los cañones.

La mayor influencia del Renacimiento en la tecnología se registro en la arquitectura, siendo este periodo uno de los más gloriosos en la creatividad artística del hombre. Arquitectos y albañiles tuvieron que aprender cómo construir grandes cúpulas catedralicias tales como las de San Pedro de Roma, que Europa no había visto nunca anteriormente. Esta interrelación entre estilo y técnica se dio también en otro tipo de artes como las del ebanista, el ceramista, el orfebre, el platero, etc.

La preminencia de Italia

El alto Renacimiento fue una época en la que el elemento mediterráneo predominó en al civilización europea, y sólo hacia final del siglo XVI empezó la franja septentrional de Europa, protestante y rica en carbón, a evolucionar política y tecnológicamente.

Arquitectos italianos estructuraron el estilo neoclásico que sería imitado por doquier. Ingenieros italianos, entre ellos Leonardo da Vinci, sobresalieron en las artes de la fortificación de las obras civiles, construyendo los primeros canales europeos. La metalurgia más elaborada tuvo su sede en Italia, siendo los italianos los mayores expertos en la fabricación del vidrio. También destacaron por sus bellísimas creaciones en el arte textil, donde emplearon excelente maquinaria para el torcido de la seda y complicados telares (aunque todavía manuales) para producir telas con dibujos. Muchos de los mejores trabajos de imprenta se realizaban en Venecia y la primera utilización de la prensa de tornillo para el acuñado de monedas y medallas, tuvo lugar en Roma.

La agricultura

Las modificaciones de la técnica agrícola durante el Renacimiento fueron insignificantes, posiblemente debido a la estructura económica y social que denegaba la propiedad final de la tierra a la inmensa mayoría de los campesinos que la trabajaban y que sólo apoyaba la continuación de los métodos comunales tradicionales. No hubo nuevas cosechas, aunque ciertas plantas americanas de importancia económica se domiciliaron en Europa, desde mediados del siglo XVI en adelante, entre ellas la patata, el tomate, el tabaco y el maíz.

Maquinaria

Lo que reviste de mayor importancia al Renacimiento es más que la obtención de nuevas máquinas, el aumento de escala y el perfeccionamiento de las ya conocidas. El molino de viento se convirtió en el principal móvil de los llanos terrenos del norte de Europa, sometidos a las tempestades atlánticas.

A finales del siglo XIV, la fuerza hidráulica era aplicada a numerosas actividades industriales, aparte de la molienda del grano. El tema más destacado en las obras sobre maquinaria escritas en el siglo XVI es la aplicación de la energía hidráulica. Por ejemplo, Georg Bauer "Agrícola" en su obra *De re metallica* describe máquinas accionadas por chorro de agua para bombear el agua por succión, para eliminar desechos, para ventilar minas, para machacar y pulverizar metales, etc.

La invención de la imprenta, de gran importancia social, dependió de otras invenciones anteriores. La contribución de Gutenberg consistió en una selección de los elementos esenciales y su combinación para conferirles una nueva forma.

En lo referente a la industria textil hubo constantemente cambios que contribuyeron a la cantidad y calidad de la producción como la agregación de la "aleta" a la antigua rueca, de modo que el torcido y ovillado del hilo se convirtieron en una sola operación. También hubo cambios de índole química, como por ejemplo en el teñido y otras fases del proceso de acabado. Una artesanía de extraordinario nivel convertiría el reloj en el más bello e ingenioso de todos los mecanismos que reflejaba una extremada habilidad en el trabajo del acero y del bronce.

Los metales

La temperatura de los hornos fue aumentada incrementando el chorro de aire consiguiendo fundir el hierro. De esta manera el hierro líquido podía ser canalizado hacia moldes con los que se obtenían recipientes varios, cañones, balas, etc. Sin embargo el uso de moldes era relativamente reducido pues la mayor parte del hierro era tratado por las manos del herrero. El acero solía obtenerse calentando barras de hierro forjado en fuego de carbón vegetal. Tanto el hierro como el acero eran extensamente utilizados en la fabricación de cuchillos, armas, cadenas, arcos, cerraduras, útiles de labranza, etc. En casi cada caso la fabricación de un artículo determinado constituía un oficio distinto. Los autores del siglo XVI que tocaron el tema de la metalurgia dedicaron particular atención a los metales preciosos. El oro era obtenido mediante cuidadoso lavado para separarlo de su matriz y separándolo también de la plata cuando ambos metales se presentaban juntos (era bien sabido que el ácido nítrico disuelve la plata pero no el oro, y que el agua regia tiene el efecto contrario). La plata se conseguía a partir de minerales de plomo, oxidando el metal base. Toda la serie de operaciones al respecto era compleja y con ello, se conseguía una amplia experiencia empírica de la química.

El italiano Biringuccio, en su libro *De la pirotechnia*, describe varios procesos industriales, en especial las operaciones metalúrgicas. Se trata también de una obra

práctica, en la que se registran los detalles técnicos de la química aplicada en el campo de la metalurgia.

Expansión del transporte

Una característica importante del Renacimiento fue la gran expansión del comercio y los viajes de esta época. El buque adquirió antes de concluir el siglo XV, casi la forma que iba a conservar hasta mediados del XIX, con múltiples mástiles y cubiertas, varias velas para cada mástil y timón de codaste (la rueda de timón todavía no había sido inventada). Los barcos más grandes y más numerosos precisaban de instalaciones portuarias más eficaces. Los muelles se construían con pilares de madera, aparecieron grandes grúas de muelle y se procedió a la construcción de almacenes en el mismo puerto.

El transporte terrestre mejoró pues las carreteras empezaron a sustituir a las reatas de animales de carga y los carruajes se hicieron más ligeros permitiendo un desplazamiento más veloz. Apareció la carretilla de mano y los raíles de madera en las minas, a lo largo de los cuales se empujaban pequeñas vagonetas de cuatro ruedas. Esto último representó el nacimiento del ferrocarril.

La guerra

Aunque la pólvora ya era conocida por los Chinos desde muy antiguo, se puede considerar que su descubrimiento en Europa, durante el Renacimiento, tuvo unos efectos muy acusados sobre la sociedad hasta el punto de que hay quien marca el comienzo de la edad moderna europea con la aparición de la misma.

La fabricación de la pólvora se convirtió en una industria de gran importancia, junto con la fundición de cañones y la fabricación de armas de fuego (aparecidas en 1450). Por ello, dejaron de existir las armaduras medievales y las ciudades cambiaron su estructura, desapareciendo las antiguas torres redondas y las murallas altas y rectas para dejar paso a un sistema de defensas geométricamente planeadas, cuidadosamente inclinadas para desviar los proyectiles y dispuestas de modo adecuado para orientar el fuego hacia cualquier lado.

Conclusión

El Renacimiento es considerado hoy, como uno de los periodos más creativos y gloriosos de la aventura humana. El nacimiento del espíritu científico fue una característica de este periodo, lográndose grandes progresos en Matemáticas, Física y Química. Sin embargo, en lo que afecta a la historia de la tecnología no está a la altura de la Edad Media con su revolución energética y sus innovaciones en agricultura.

ANTECEDENTES DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL (1600-1750)

El término de "Revolución Industrial" por conveniente y convencional que pueda ser, a veces puede resultar engañoso, pues cuando fue utilizada por primera vez esta denominación, apenas se comprendía el carácter de la historia tecnológica antes de 1750. Además, en sus orígenes la "Revolución Industrial" fue considerada como un acontecimiento económico y su nombre describía más bien un cambio rápido de la agricultura y fabricación en talleres hogareños a la manufactura en establecimiento fabriles y el desplazamiento de la población del campo a las ciudades. Aunque los cambios económicos fueron acompañados de cambios en técnicas de producción, la

"Revolución Industrial", no fue más que una era de continuada evolución tecnológica donde se vieron triunfalmente recompensados, anteriores esfuerzos.

Instrumentos científicos

Desde principios del siglo XVII, se hizo notar una importante demanda de instrumental científico debido a la creciente investigación científica, que necesitaba objetos de observación y medición cada vez más precisos.

Al sumarse gradualmente a los instrumentos de latón o bronce, nuevos instrumentos de vidrio, la habilidad del tornero y del soplador de vidrio sustituyó en gran parte, a la del experto en metales y a la del grabador.

El primer instrumento de cristal que recibió la atención del investigador científico fue el **termómetro**. Su primera forma fue el termoscopio presentado por Galileo a finales del siglo XVI. A principios del XVII, Santorio, profesor de medicina en la Universidad de Padua, aplicó una forma de termoscopio para indicar los cambios de temperatura del cuerpo humano. En 1620, Francis Bacon describió un instrumento similar al que se aplicó una escala de papel y unos veinte años más tarde se introdujo alcohol coloreado en su interior en vez de agua. El termómetro fue presentado para su empleo en experimentación por los miembros de la Academia del Cimento (una de las primeras grandes academias científicas, establecida en Florencia en 1651), pero hasta principios del siglo XIX no conseguiría el termómetro toda su importancia como instrumento científico de precisión.

El **barómetro** tuvo una evolución similar, pero más breve. Torricelli lo inventó para demostrar la existencia de la presión atmosférica en 1643, sin embargo pasarían varias décadas antes de que se reconociera la existencia de ésta.

La mayor revolución en el pensamiento científico del siglo XVII fue la causada por el **telescopio**. La invención se le adjudica a un fabricante de gafas holandés. Un informe sobre el mismo llegó a manos de Galileo en 1609 y fue entonces cuando construyó uno por su cuenta. El éxito del telescopio fue inmediato a pesar de que los métodos de la época no permitían producir vidrio de una calidad satisfactoria para las lentes. El esmerilado de las mismas era efectuado en los tornos rudimentarios de los pulimentadores de espejos y muchos de los telescopios vendidos eran devueltos.

Fue Campani, en Roma, quien convirtió el arte del rectificado de lentes en ciencia, gracias a la invención de un torno que esmerilaba y pulimentaba lentes directamente a partir del vidrio, en vez de a partir de discos fundidos en moldes.

En la primera mitad del siglo XVII, en Holanda, ya se había conseguido esmerilar pequeñas lentes para **microscopios** simples hasta conseguir examinar bacterias y espermatozoos. El microscopio compuesto (con dos sistemas de lente para conseguir mayor ampliación) vio la luz en Italia. El enfoque de los mismos se efectuaba mediante unos tubos deslizantes que sólo permitían un tosco ajuste. Campani, en 1665, inventó un tubo atornillado sustituyendo los tubos deslizantes por un tubo de madera dura con un paso helicoidal, lo que permitió un enfoque más preciso.

Los instrumentos de precisión de la época, eran fabricados con materiales tan frágiles, como el cartón y la madera, pues los orificios perforados en metales eran menos precisos y hacían que el instrumento resultante fuese pesado y poco manejable.

Otros dos instrumentos importantes que surgieron en el siglo XVII, fueron la bomba de aire y la máquina eléctrica. El primero en producirlos fue el físico alemán, Otto von Guericke. La **bomba de vacío** fue la primera de las máquinas grandes y complicadas que se crearon para el laboratorio. En 1654 se realizó la famosa demostración en la que se hizo el vacío en dos hemisferios de bronce huecos y muy bien ajustados. Ocho caballos tirando de cada hemisferio fueron incapaces de separarlos hasta que se abrió un

pestillo para permitir la entrada del aire. La bomba de aire fue mejorada considerablemente por Hooke y más tarde por Huygens, produciéndose en los comienzos del siglo XVIII, bombas de aire con fines comerciales.

La **máquina eléctrica** de fricción fue ideada, también por Von Guericke, en 1660, y consistía en una esfera de azufre montada en un eje de hierro entre dos soportes. Al girar la esfera y tocarla con la mano, se generaba en ella una electricidad estática capaz de atraer el papel y objetos ligeros.

El torno

El torno tuvo una enorme relevancia durante los siglos XVII y XVIII, no sólo en la producción de instrumentos científicos sino en la producción de piezas y su utilidad en el perfeccionamiento del tornillo. La introducción de excéntricas y plantillas (delgadas placas de diversos dibujos) fue importantísima, ya que permitieron una mayor gama de movimientos y una mayor precisión.

Aunque el metal era trabajado, desde hacía largo tiempo, en tornos de madera, no fue hasta 1701 cuando Plumier describió por primera vez el cortado de metal como técnica especializada de torno. El tornillo de rosca fina y gruesa fue fabricado durante el siglo XVI en madera y metal, pero no eran lo bastante precisos como para aplicarse a instrumentos de medición. Incluso después de disponer de tornos como los descritos por Plumier, la precisión dejaba bastante que desear y los tornillos se seguían produciendo manualmente con lima y formón. Este método de producción resultaba caro, y el método alternativo apareció con el torno de mandril (eje cilíndrico que colocado en un agujero de la pieza a tornear, la sujeta fuertemente).

Ciencia y Tecnología

Durante esta época se produjo un notable desarrollo de la Ciencia con prestigiosos físicos, químicos y matemáticos que lograron importantes progresos científicos con sus experimentos. La Figura más destacada de esta época fue Isaac Newton que formuló la ley de la gravedad universal, las tres leyes del movimiento e hizo importantes contribuciones en los campos de la óptica y del cálculo diferencial. El notable desarrollo de la Ciencia no produjo consecuencias inmediatas para la Tecnología, salvo algunas excepciones como el péndulo para medir el tiempo y algunos instrumentos náuticos. De cualquier manera, sí puede hablarse de un creciente interés por parte de los ingenieros en la obtención de un conocimiento matemático más exacto de los problemas del diseño, para sustituir la antigua confianza en el juicio y la experiencia.

Por otra parte, la Ciencia, sí obtuvo mucho de la Tecnología gracias a las habilidades combinadas de numerosos artesanos y especialistas capaces de producir un instrumental científico cada vez de mayor precisión.

Transporte y Construcción

Tras la importante revolución arquitectónica del Renacimiento, se produjeron en Francia, durante el largo reinado de Luis XIV (1643-1715), importantes progresos en ingeniería que se centraron principalmente en edificación y transporte.

En contraste con el papel predominante que la empresa privada empezaba a desempeñar en la evolución de la ingeniería británica, en Francia, los trabajos y obras eran primordialmente de índole gubernamental y pública. Luis XIV se interesó en particular por la construcción de lujosos palacios y por las actividades militares, que implicaban la construcción de carreteras, puentes y canales.

Mientras Francia realizaba notables progresos técnicos, la ingeniería avanzaba también en Gran Bretaña, donde la embrionaria Era Industrial la estimuló para que alcanzara

nuevas cumbres de innovación y creatividad, tanto en transporte y construcción como en los campos mecánico y metalúrgico.

En la primera mitad del siglo XVII ya se habían construido gran cantidad de puentes y canales y se habían pavimentado las carreteras que se convertirían en arterias de transporte para la Revolución Industrial.

LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL (1750-1830)

Cuando se habla de "Revolución Industrial", se suele pensar en la máquina de vapor, la locomotora y el sistema fabril. Pero esto es solamente, lo más conocido de una serie de cambios fundamentales, tecnológicos, económicos sociales y culturales que modificaron el carácter de la vida en las postreras décadas del siglo XVIII.

A pesar del primerísimo papel de Francia en Europa, sabemos que la Revolución Industrial se produjo primero en Gran Bretaña por una unión de múltiples factores sociales, económicos, políticos y culturales que aportaron el estímulo que impulsaría el progreso industrial.

Durante estos años se asistió a la primera fase de una transición desde industrias organizadas según un sistema comercial patronal a las montadas según el sistema fabril acompañado por un nuevo tipo de disciplina y supervisión. Estas nuevas condiciones de trabajo resultaron desagradables para los obreros y solo fueron aceptados cuando la mecanización llegó a tal punto que la producción descentralizada ya no pudo competir en el mercado.

Industria textil

La producción textil fue la primera actividad manufacturera que fue sometida a la industrialización.

A principios del siglo XVIII, los procesos textiles sólo habían sido objeto de una muy leve mecanización. El cardado y el peinado para la preparación de las fibras seguían siendo procesos manuales. La hilatura (convertir fibras en hilo) no había experimentado ninguna evolución desde la introducción de la aleta a la rueca en el siglo XV y los telares no habían cambiado desde los comienzos de la era cristiana.

El punto de partida para una solución del problema de la hilatura se encuentra en los trabajos de John Wyatt y Lewis Paul. Su primera máquina fue construida en 1740. No existen dibujos de la misma, pero la descripción que se ha conservado es importante porque especifica el empleo de más de un par de cilindros, posibilitando con ello hilar más de un hilo a la vez.

En la segunda mitad del siglo XVIII, se asistió a la invención de tres famosas máquinas de hilar, la *jenny* en 1764, la *water frame* en 1769 y la *mule* o *selfactina*, en 1779, que combinó rasgos de las dos anteriores.

La carda tuvo una importancia no inferior a la de las máquinas de hilar, ya que vino a suplantarse un laborioso proceso manual y fue esencial para la mecanización de procesos desde el algodón en rama hasta el hilo acabado. Alrededor de 1760, ya se usaba en la industria algodonera de Lancashire una carda patentada en 1748 por Lewis Paul aunque presentaba bastantes dificultades. En 1775, Arkwright patentó una máquina provista de cigüeñal y un peine para desprender el velo de fibras cardadas en los cilindros. La mecha resultante pasaba de forma continua a un recipiente. En otras máquinas, la mecha era obtenida en trozos cortos que después eran unidos.

Casi todo el proceso de tisaje, antes de 1810, se realizaba con telares manuales. John Kay había ya patentado la lanzadera volante en 1733 que era un dispositivo que incrementaba la velocidad del telar y permitía prescindir del segundo operario tejedor. A pesar de la importancia de este invento, fue adoptado con una sorprendente lentitud.

La reforma a fondo en el telar fue iniciada por Carwright que se interesó en él, cuando oyó que la máquinas de hilar producían más hilo del que podían consumir los tejedores y patentó su máquina tejedora en 1785. A partir de entonces, este tipo de máquinas fue siendo perfeccionado ininterrumpidamente y a una gran velocidad. La importancia de estas mejoras queda demostrada por la cantidad de telares mecánicos introducidos en las industrias textiles de Inglaterra en 1830.

La máquina de vapor antes de 1830

En 1712, el británico Newcomen puso en marcha su primera máquina de vapor para bombear agua en una mina de carbón. A mediados de siglo, ya se utilizaba esta máquina para otros usos, como el suministro privado de aguas y para llenar depósitos de los molinos hidráulicos. Sin embargo, la principal finalidad seguía siendo el drenaje de minas. A finales de siglo, y tras muchos años de investigación, James Watt realizó tres cambios fundamentales en la máquina de vapor. El primero fue la introducción del condensador separado. Esto produjo un importante ahorro de energía ya que el cilindro de vapor no requería recalentamiento después de cada condensación. Por ello, la máquina de Watt tenía una eficiencia térmica que doblaba a la de las mejores máquinas Newcomen construidas. La segunda innovación fue la característica de la doble acción. Al introducir vapor en el cilindro, primero por un extremo y después por el otro, la fuerza podía ser ejercida alternativamente en cada lado del pistón. Gracias a esta innovación transformó el movimiento recíproco del pistón en movimiento rotatorio. La tercera innovación, fue el regulador de velocidades, que sentó los fundamentos para los modernos sistemas de control, ya que no sólo proporcionaba información acerca de la velocidad, sino que además procedía a regularla.

En el drenaje de minas la máquina Watt aventajó a la de Newcomen pero su aplicación fue fundamentalmente en la producción de movimiento rotatorio, sustituyendo a caballos y a las ruedas hidráulicas.

A principios del siglo XIX, apareció un nuevo competidor de la máquina de Watt. Trevithick en Inglaterra y Evans en Estados Unidos construyeron máquinas de vapor de alta presión, prescindiendo por completo del condensador y evacuando el vapor utilizado directamente en la atmósfera. Las primeras máquinas de alta presión fueron utilizadas para impulsar buques, mover locomotoras y accionar aserraderos, fábricas de harina y máquinas perforadoras. La ventaja de esta máquina, era su escaso peso y reducido tamaño para una producción dada de energía. Por consiguiente, esta era la máquina necesaria para el éxito de la locomotora y del transporte fluvial. Además su sencillez en su funcionamiento y su costo inicial bajo, la convirtieron en favorita, a pesar de su alarmante historial de explosiones.

El vapor en los medios de transporte

Aunque en 1807, el viaje en barco de vapor de Fulton, conocido popularmente como el *Clermont*, en Estados Unidos, señaló el comienzo de un tipo de navegación satisfactorio en el aspecto comercial, este éxito estuvo basado en los intensos trabajos de varios inventores de buques de vapor a lo largo de un par de décadas, trabajos que fueron secuela de un período mucho más largo dedicado al perfeccionamiento de la máquina de vapor.

Como en el caso del buque de vapor, la primera locomotora tuvo también sus predecesoras. La locomóvil que Trevithick hizo funcionar, en 1804, en los carriles del yacimiento de carbón de Penydaren en el sur de Gales, fue la primera locomotora que corrió sobre raíles, pero Trevithick y con él otros, ya habían construido más de un vehículo de vapor, con la idea de dedicarlos al transporte por carretera. La fecha exacta del éxito comercial de la locomotora de vapor es, por tanto, muy distante de la del buque de vapor; sin embargo, quedó disipada toda duda tras la inauguración en 1825 del Ferrocarril entre Stockton y Darlington, en el nordeste de Inglaterra. Este ferrocarril fue el prototipo de todos los que serían construidos durante la siguiente generación, ya que las prácticas adoptadas por Stephenson, director del proyecto, fueron extensamente copiadas por observadores llegados de todos los rincones del continente europeo y de Estados Unidos.

El buque de vapor y el ferrocarril fueron a la vez causa y efecto de una creciente actividad comercial e industrial. Nacidos a causa de unas necesidades preexistentes, a su vez estimularon ulteriores avances en estos campos. Gran parte del incremento del comercio del hierro en el siglo XIX, tanto en Europa como en Norteamérica, dependió de la enorme demanda de raíles y máquinas de vapor creada por la revolución en los transportes.

Progresos en metalurgia

Mientras que en 1750, el hierro fue utilizado en máquinas y estructuras sólo cuando no era posible la aplicación de la madera o de otros materiales más baratos o de más fácil obtención, en 1830, el hierro fue el primer material tenido en cuenta por ingenieros y mecánicos para una amplia gama de utilizaciones.

Además, en 1750, el hierro era trabajado generalmente por el herrero que le daba forma, mientras que en 1830, el hierro fundido era extensamente utilizado para bancadas de máquinas, tuberías para agua y gas, y elementos de construcción.

El creciente suministro de hierro adquirió nueva utilidad gracias a un nuevo tipo de maquinaria, las máquinas-herramientas que eran en sí mismas máquinas que se empleaban para hacer otras máquinas, tales como el torno, la perforadora, la acepilladora, etc.

El torno industrial pesado apareció alrededor de 1780 en Francia. Constaba de un porta-herramientas deslizante, desplazado mediante un largo tornillo que corre paralelo al eje de la pieza que se está mecanizando. El segundo torno, una máquina de 1795 atribuida a Senot, tenía además del porta-herramientas un sistema de engranajes de cambio que relacionaban el eje del torno con el tornillo principal, controlando con ello el avance del porta-herramientas, de tal modo que cabía practicar en la pieza una rosca helicoidal.

En 1830, todas las principales máquinas herramientas, excepto la esmeriladora de superficies, que apareció unos años más tarde, habían adquirido formas que serían inmediatamente identificables para el experto de hoy.

Comienzos de la electricidad

Poco antes de 1750, el norteamericano Franklin, abandona su negocio de artes gráficas para dedicarse enteramente a sus estudios sobre electricidad. En 1748 publica sus conclusiones en Inglaterra, sustituyendo la antigua noción de dos tipos de fluido eléctrico, por la idea de un estado de desequilibrio, positivo o negativo, a partir de un estado eléctrico neutro. Después de su teoría del "fluido único", el logro científico más importante de Franklin en 1752, fue la comprobación experimental de que el rayo era una manifestación de la electricidad, y en consecuencia su invento del pararrayos.

En 1791, el anatomista Galvani envía a Volta un documento sobre la existencia de "electricidad animal", como resultado de sus experimentos. Al principio, Volta se muestra de acuerdo con sus observaciones, pero más tarde deshecha la idea de la propiedad natural eléctrica del tejido animal y establece una naturaleza puramente metálica de la fuente eléctrica, inventando la primera pila electroquímica.

Poco más tarde, se observó como la corriente eléctrica descomponía el agua en hidrógeno y oxígeno. Fue mejorada la efectividad de la pila y su vida activa fue prolongada. A partir de entonces, se vio como por medio de la pila se podían reducir metales a partir de otros compuestos, naciendo así una industria química importante. En 1810, Davy diseñó un arco eléctrico con electrodos de carbón vegetal que creaba una luz intensa. Ésta fue la introducción de la primera iluminación eléctrica práctica.

La batería eléctrica se convirtió en una nueva herramienta industrial, como generador de un flujo continuo de corriente eléctrica al que pronto se le encontrarían aplicaciones numerosas y muy interesantes.

En las dos primeras décadas del siglo XIX, los británicos aplicaron la nueva fuerza eléctrica a la ignición de la pólvora. El profesor Oersted, colocó un hilo conductor sobre una aguja magnética pivotante paralelo a ella, y advirtió que la aguja se movía perpendicularmente al alambre. Tras varios experimentos, en 1820, publicó un folleto en el que se anunciaba que una corriente eléctrica en un conductor creaba un campo magnético circular alrededor de éste. Ampère además de demostrar matemáticamente este experimento, demostró que dos solenoides por los que pasa corriente se comportan como imanes en cuanto a atracción y repulsión polares. En 1825, Sturgeon enrolló 16 espiras de cable alrededor de un núcleo de hierro dulce y produjo un electroimán cuyo poder magnético era muy superior al de la piedra imán. Joseph Henry aplicó un revestimiento de seda alrededor de un conductor consiguiendo electroimanes capaces de atraer cargas de 1500 kilos.

Hasta estas épocas, la ciencia había desempeñado un papel sobre la industria relativamente escaso. Sólo la electricidad se constituiría desde sus comienzos en una verdadera "industria científica", donde los avances científicos encontrarían su aplicación tecnológica casi de inmediato.

EL SIGLO XIX A PARTIR DE 1830

Aplicaciones de la electricidad

El descubrimiento de los efectos magnéticos de la electricidad apremió a numerosos investigadores a buscar un método para invertir la conversión, produciendo efectos eléctricos a partir del magnetismo. En 1831 Faraday demostró que se inducían corrientes eléctricas cuando un imán o bien el conductor se movían en relación el uno con el otro, lo que condujo a la generación de voltaje eléctrico por medio de la energía mecánica rotativa y motriz.

En 1853, se realizan los primeros intentos para iluminar una lámpara de arco mediante una magneto o dinamo, en lugar de utilizar una batería.

Durante los dos primeros tercios del siglo XIX, el gas era quien facilitaba iluminación con fines domésticos, municipales o industriales, pues el arco de luz de carbono producido por electricidad gastaba demasiada energía. Thomas A. Edison inventó, en 1870, la lámpara de incandescencia con filamento de hilo carbonizado y más tarde empleó otros materiales capaces de ser convertidos en hilo delgado y de elevada

resistencia. Con el desarrollo de las centrales eléctricas el uso de la bombilla se extendió rápidamente.

Tanto Faraday, en Inglaterra como Henry en Nueva York, construyeron los primeros pequeños motores eléctricos que consistían en electroimanes pivotantes entre dos imanes permanentes. La tracción eléctrica pasó de los esfuerzos experimentales al éxito práctico en sólo ocho años construyéndose, en 1879 en Berlín la primera línea de tranvías eléctricos. A finales del siglo XIX, el motor eléctrico sustituyó al caballo y en las fábricas a las ruedas hidráulicas y a la máquina de vapor.

El transformador práctico conseguido en 1885, fue el argumento más contundente en pro de la corriente alterna, aunque el principio en que se basaba había sido descubierto mucho antes por Faraday y Henry. Con el transformador se podían aumentar y disminuir voltajes con muy poca pérdida de energía lo que facilitaba la transmisión de electricidad a bajas intensidades.

En 1895, se construyó la primera gran central eléctrica en las cataratas del Niágara. La transmisión de corriente a Buffalo a 32 Km de distancia tuvo lugar al año siguiente. Esta central mostró el camino para la evolución de los grandes sistemas centralizados distribuidores de corriente del siglo XX.

Las comunicaciones

El empleo de la corriente eléctrica para la comunicación **telegráfica** parecía evidente desde los inicios de la electricidad, pero se tardaría en encontrar un sistema práctico, que llegaría de la mano de Morse mediante un código de señales eléctricas de corta y larga duración (puntos y rayas), que quedaban reflejadas en un papel mediante un lápiz accionado por un imán. En 1837, se transmitieron señales telegráficas a una distancia de 15 kilómetros. En 1866, se procedió al quinto, y esta vez satisfactorio intento de tendido del cable telegráfico transatlántico que comunicó Europa y América.

En 1876, Bell patenta el **teléfono**. En la década de 1880 Boston quedó conectado con Nueva York y en 1892, Bell inauguró la línea hasta Chicago. Sin embargo hasta el siglo XX, el teléfono no empezó a competir seriamente con el telégrafo a largas distancias. La posibilidad de marcar un número (centralitas automáticas) fue investigada durante la década de 1890, pero no sería aplicada antes de 1921.

El primer paso decisivo en la grabación del sonido lo realizó Edison en 1887 con la invención del fonógrafo.

Tras la observación de que las sales de plata se oscurecían al ser expuestas a la luz, comenzaron los primeros pasos en pos de la **fotografía** práctica. En una serie de fases evolutivas, obra en su mayor parte de Niepce, Daguerre y Fox Talbot, en las que se combinaron la óptica y la química, las imágenes lumínicas quedaron permanentemente fijadas y el proceso de la fotografía fue hecho público en 1839.

El Servicio Postal alcanzó su auge durante el siglo XIX, gracias a los trenes que sustituyeron a las diligencias y al buque fluvial. Los primeros **sellos de correos** aparecieron en mayo de 1840 y con ellos se dobló, en los dos años siguientes, el número de cartas enviadas.

El complejo proceso inventivo que dio origen al **cine** quita sentido a la pregunta de quien lo inventó. Podría atribuírsele este descubrimiento a Muybridge, famoso por sus fotos tomadas en rápida secuencia para captar movimientos de animales (1850), o a Isaacs que fabricó el complicado aparato que utilizó el anterior. También a Edison con su cinetoscopio, a Marey con su cámara "cronofotográfica" o a los hermanos Lumière, que patentaron su cinematógrafo y lo demostraron satisfactoriamente en 1895.

A finales del siglo XIX, hicieron su aparición aparatos registradores y reproductores de sonido en Estados Unidos que ya se vendían al público, aunque no adquirieron importancia tecnológica durante varias décadas.

Tecnología de los alimentos

La primera innovación auténtica en la conservación de alimentos, fue el proceso de enlatado (sellado hermético de alimentos) inventado y desarrollado por el francés Appert en 1810.

Las patentes para producción de frío y fabricación de hielo, ya fuese por expansión del aire comprimido o por evaporación de un líquido volátil fueron solicitadas a partir de mediados del siglo XIX. La más importante fue la del compresor de amoníaco de Carl Linde en 1876, que se instaló junto con otros modelos, en almacenes y fábricas de comestibles.

A mediados del siglo XIX, el gran bacteriólogo francés Louis Pasteur ideó un método para destruir una gran mayoría de los microorganismos nocivos del vino. Esto fue realizado mediante un tratamiento térmico de bajo nivel que mataba a los organismos perjudiciales que eran menos resistentes al calor. La aplicación de este proceso a la conservación de la leche mejoró notablemente las propiedades de ésta e inmortalizó el nombre de Pasteur, aunque éste no creó su proceso pensando en la leche.

Los principales esfuerzos para la preservación de la leche habían sido realizados por europeos. Entre ellos figuraba una patente británica para la leche condensada (1835) y otra para la leche en polvo (1855) obtenida por adición de carbonato de sodio antes de la evaporación.

Una importantísima aportación a la industria de productos lácteos fue el separador centrífugo de crema, debido al ingeniero sueco Gustav de Laval que permitió una gran economía en tiempo y mano de obra para desnatar la leche.

El rápido desarrollo de la industria de la oleomargarina se debió al descubrimiento de procedimientos para convertir la grasa de buey en una grasa comestible parecida a la manteca, basándose en métodos inventados en 1860 por el francés MegeMouries. Poco a poco, las grasas animales fueron sustituidas por grasas vegetales tales como el aceite de semilla de algodón, el aceite de maíz y el del coco. Se produjeron también mejoras en el proceso de hidrogenación (adición de hidrógeno al aceite a fin de producir una grasa sólida).

Máquinas y máquinas-herramientas

A mediados del siglo XIX, la **fresadora** sustituyó las herramientas individuales cortantes y rígidas por cuchillas rotatorias, es decir, ruedas provistas de una serie de herramientas cortantes en su circunferencia, a semejanza de una rueda de engranaje provista de dientes afilados. La construcción de esta máquina sólo se justificaba si había suficiente cantidad de trabajos idénticos a realizar. La ventaja consistía en que el trabajo se realizaba con una rapidez mucho mayor y con menos calentamiento de la herramienta y del material que se cortaba. La fresadora tuvo su origen, en Nueva Inglaterra, alrededor de 1820 (para fabricar armas de fuego), aunque la primera fabricada para la venta no se construyó hasta 1848. En 1887, Grant presentó la primera máquina práctica para el tallado de engranajes por medio del método de fresado.

Otra nueva máquina herramienta que hizo su aparición fue la **rectificadora**, creada en 1830. Anteriormente sólo se había utilizado el rectificado para pulimentar o afilar los metales, y no para darles forma.

El **torno-revólver**, cuyo cabezal contiene varias herramientas que se aplican a la pieza según convenga, fue también un miembro de la llamada segunda generación de máquinas herramientas.

Otros tipos más antiguos de máquinas herramientas, tales como tornos, limadoras, acepilladoras, taladradoras, etc., fueron mejorados notablemente durante estos años.

El perfeccionamiento de la primera generación y la aparición de la nueva fueron causa y resultado, del desarrollo de la fabricación y del modelo de partes intercambiables.

En lo referente a la **industria textil**, continuaron surgiendo importantes mejoras después de 1830. Las operaciones de limpiado, cardado y peinado se convirtieron en operaciones totalmente mecánicas. Se creó un dispositivo para aplastar las impurezas en la lana, ahorrando una mano de obra considerable y produciendo menos desperdicios de materia prima. La máquina de hilar fue perfeccionada con la introducción de la hilatura de aros.

En el telar mecánico se solucionaron los principales problemas que presentaba: aumentar la calidad de las telas, aumentar la producción, fabricar tejidos de fantasía y sobre todo adaptar los telares al tisaje de lana para que funcionaran con tanto éxito como ocurría con el algodón. Apareció un dispositivo que paraba el telar cada vez que se rompía el hilo, lo que permitía que un solo operario atendiese varios telares al mismo tiempo.

El invento de la máquina de coser se le atribuye a Howe que la patentó en 1846. Uno de sus competidores fue Singer que lanzó al mercado en 1850, su primera máquina de coser. McKay perfeccionó la máquina de cosido de zapatos patentada por Blake en 1858 y redujo el costo de esta labor en más del 95%.

También las máquinas calculadoras fueron lanzadas al mercado durante estos años. Entre ellas las sumadoras prácticas creadas por Burroughs en 1888, la máquina registradora de caja desarrollada entre 1870 y 1890. Ya en 1820, Charles Babbage había construido calculadoras muy complejas. Sin embargo, estas máquinas no pasaron a la utilización práctica hasta que Hollerith, creó una máquina que empleaba tarjetas perforadas para seleccionar, tabular y analizar datos, aplicando estos procesos, con gran éxito al Censo de Estados Unidos en 1890.

En la década de 1860, Sholes comenzó a construir una **máquina de escribir** mucho más práctica y fiable que los anteriores modelos aparecidos 30 años antes. Durante la década de 1890, las máquinas de escribir provistas de un teclado muy sensible al tacto se constituyeron como un medio de escritura eficaz y de aplicación cada vez más extensa.

Durante el siglo XIX, apareció la bicicleta y fue rápidamente perfeccionada con neumáticos de cámara, transmisión por engranajes, rodamientos de bolas y frenos de cable.

Los inicios del motor de combustión interna

Las necesidades energéticas que caracterizaron al siglo XIX difícilmente hubieran podido quedar satisfechas por la máquina de vapor, pese a sus notables perfeccionamientos. A pesar de que el control creciente de la electricidad prometía otra gran fuente de energía, no por ello dejaban de explorarse otros caminos. Además, estaba la necesidad de un motor potente y ligero para impulsar vehículos en carreteras y aunque ya había vehículos de vapor, la idea de un motor de combustión interna fue valorada y en la segunda mitad del siglo, las esperanzas en este sentido se vieron recompensadas.

Antes del siglo XIX, ya se habían ideado motores accionados por explosión de pólvora en un cilindro y se habían probado motores de alcohol o de fenol sin éxito. La historia de la evolución del motor de combustión interna encaja en el siglo XIX, durante el cual se propusieron varios proyectos de motores de combustión interna con gas de

alumbrado. El momento decisivo, sobrevino en 1876, cuando el ingeniero alemán Otto, encontró un buen sistema para comprimir la mezcla combustible en el interior del cilindro antes de la ignición. Este nuevo motor de cuatro tiempos (admisión, compresión, carrera descendente y escape) tuvo un gran éxito comercial para accionar máquinas de talleres, maquinaria de ascensores, bombas, máquinas de imprimir, etc. Sin embargo, este motor de gas floreció tan solo durante una generación después de 1880 ya que como móvil no podía competir con el vapor o motor diesel inventado en 1890 y como pequeño motor de maquinaria tampoco podía competir con el eléctrico. Harían falta 25 años más para elaborar los detalles del motor de automóvil, es decir, idear una ignición eléctrica fiable y aprender la técnica de utilización de un combustible líquido. Tras decidirse por la gasolina como el combustible líquido más apropiado para el motor de combustión interna para vehículos, fueron los alemanes Daimler y Benz quienes realizaron independientemente, la detallada labor necesaria para conseguir automóviles de gasolina. Maybach, que trabajaba para Daimler fue el responsable de varios de los notables progresos en reducción de peso, carburación y enfriamiento que en 1901 dieron al motor del automóvil, en lo esencial, su forma actual. En 1900, dos motores Daimler, de 16 caballos, cada uno propulsaron el primer Zeppelin. El año siguiente el primer Mercedes, diseñado por Maybach, consiguió una velocidad de 85 km/h con un motor de 35 caballos que sólo pesaba 6,3 kilos por caballo.

El motor diesel, la nueva variante de motor de combustión interna con aceites pesados como combustible, con una compresión muy alta y sin sistema de ignición, fue concebido en la década de 1890 por Rudolf Diesel. Este tuvo su primera idea al respecto mientras escuchaba una conferencia sobre el ciclo Carnot.

En 1897, Diesel hizo funcionar un motor en una exposición, que aunque se asemejaba en poco al ideal que había imaginado, conseguía un rendimiento del doble frente a los motores Otto de su tiempo.

EL SIGLO XX

El siglo XX, es el siglo en el que se han producido más progresos científicos y tecnológicos que han transformado y van a transformar de manera sustancial nuestras formas de vida, de pensar, de trabajar y hasta los mismos supuestos básicos de la cultura. Es sin duda en este siglo, en el que más unidas han estado la Ciencia y la Tecnología, avanzando juntas y complementándose la una a la otra.

En el siglo XX, ha tenido lugar una revolución científica, considerada como tal por la aparición de teorías explicativas capaces de replantear sobre nuevas bases nuestra percepción de la realidad.

También se ha producido una Revolución Tecnológica que hace referencia a las transformaciones que se han producido y continúan produciéndose en las tecnologías de la información, la biotecnología, la tecnología de los materiales y las tecnologías energéticas. Quizás la de mayor importancia sea la tecnología de la información que abarca la microelectrónica, las comunicaciones ópticas, la informática y las telecomunicaciones que se hayan tan integradas que por eso se engloban en una sola: denominada, como se ha dicho, tecnología de la información. Además, si no fuera por esta última, todas las demás no tendrían la fuerza, el impacto y la profundidad que tienen.

Las Revoluciones Científicas

Con la **Teoría Especial de la Relatividad**, el físico alemán Albert Einstein modificó radicalmente la forma de ver la física, a través de una nueva formulación de los conceptos de espacio y tiempo.

El alemán Max Planck formuló la **teoría cuántica** que fue aplicada al átomo de Rutherford por el danés Niels Bohr, efectuando otra revisión importante de la física clásica. Felix Bloch, alumno de doctorado de Heisenberg dio el paso fundamental que llevaría a la teoría de bandas, base sobre la que se edificó la física del estado sólido, al establecer que no todos los niveles energéticos del electrón permitían la conductividad. De esta forma se comprendió el porqué de los metales y aislantes y la naturaleza de los semiconductores. Hechos que tenían una enorme trascendencia para el desarrollo de la electrónica, las telecomunicaciones, la informática y la física de los metales y los sólidos en general, con aplicaciones en los sectores metalúrgicos y fotográfico.

En 1897, Becquerel, junto a Marie y Pierre Curie, descubrieron la **radioactividad**. A partir de entonces, se estableció que hay en la Naturaleza elementos que se desintegran de forma espontánea. De forma progresiva, se fueron conociendo los peligros de la radiactividad y se fueron descubriendo nuevos elementos químicos.

En enero de 1939, Hahn afirma que ha bombardeado uranio con neutrones obteniendo bario y criptón. El Colegio de Francia constatan que la fisión produce a su vez neutrones llamados secundarios que mantienen la desintegración del núcleo por una sucesión de fisiones, en las que cada neutrón libera otros dos en una reacción en cadena. Bohr postula que existen dos isótopos del uranio, uno de los cuales, el U 238, al ser bombardeado con neutrones los absorbe y otro, el U 235 (escasísimo en la naturaleza) que sufre una reacción en cadena. En septiembre de 1939 estalla la guerra, los alemanes intentan conseguir la bomba atómica y Einstein presiona a Roosevelt para fabricar una. En 1940 se descubre el neptunio por la fisión del uranio y en 1941, se descubre un nuevo elemento en la desintegración del neptunio: el plutonio. En 1942, se construye el primer reactor nuclear en Chicago y el 16 de julio de 1945 estalla la primera **bomba atómica** experimental en el desierto de Nuevo México. Veinte días más tarde una bomba atómica de uranio arrasa Hiroshima y tres días después estalla una bomba de plutonio en Nagasaki.

En 1928, Fleming descubre **la penicilina**, aunque no consigue extraerla con fines terapéuticos. En 1939, Chain y Florey consiguen aislar y purificar la penicilina y en 1941 obtienen la cristalización por frío del jugo de los cultivos de penicilina que se realizaba en viveros, entrando en el mercado farmacéutico. En 1959, se consigue preparar industrialmente penicilina semisintética.

Las ondas electromagnéticas se conocen desde que Hertz las descubriera en 1887. Su aplicación principal hasta mediados del siglo XX fue en el radar. En 1946, el americano Percy Le Baron Spencer, se dio cuenta que las **microondas** provocan vibraciones moleculares en el interior de los cuerpos que atraviesan la cual implica un desprendimiento de calor. El primer horno de microondas se comercializó al año siguiente.

Durante el siglo XX se desarrolla la **microscopía electrónica** que centuplica la potencia de los mejores microscopios ópticos pero es incapaz de penetrar en la estructura atómica. La aparición del láser en 1963 dio un gran impulso a la microscopía electrónica. Gabor pretende obtener fotos electrónicas de estructuras atómicas, para ello realiza experimentos con laser sobre objetos macroscópicos y así nace sin intentarlo la holografía. En 1963 se presenta la primera fotografía en relieve.

Biotecnología

Se entiende por biotecnología el conjunto de procesos industriales que implican el uso de los sistemas biológicos, aplicación de los principios de la ciencia y la ingeniería al tratamiento de materias por medio de agentes biológicos en la producción de bienes y servicios.

Gracias a la física cuántica y a las técnicas de difracción de rayos X se han producido avances sustanciales en la biología molecular que han desembocado en el conocimiento de la estructura del ADN y en el comportamiento de los procesos bioquímicos básicos en el interior de la célula. En la década de 1970, Cohen y Boyer llevaron a cabo los primeros experimentos en ingeniería genética que sentaron las bases de una nueva industria en Occidente y permitieron manipular genes de todo tipo de organismos: cortándolos, cosiéndolos y confeccionándolos con la finalidad de producir fármacos y sustancias naturales escasas, así como su uso para mejoras en el campo de la agricultura, la ganadería y la medicina. Además, una de las grandes expectativas que ha despertado la ingeniería genética estriba en la posibilidad de controlar y rectificar la contaminación, a través del uso de organismos modificados genéticamente.

Tecnología de los materiales

En 1922, el alemán Staundinger postulaba que moléculas pequeñas pueden unirse y formar moléculas mayores no por simple yuxtaposición física, sino por uniones atómicas, para formar cadenas o compuestos. En su informe, es el primero en emplear el término **polímero** en un análisis del caucho. Los materiales sintéticos existían desde hacía tres cuartos de siglo pero no eran satisfactorios. En los años 30, se creó la primera fibra artificial, el nylon en Estados Unidos. Su primer uso fue el de fabricar paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la Segunda guerra mundial.

El 1911, el físico holandés descubrió **la superconductividad**. Descubrió que por debajo de una determinada temperatura crítica, diversos materiales tienen una resistencia cero a la corriente eléctrica y que una vez, iniciada una corriente en un circuito cerrado, sigue fluyendo mientras el circuito sigue estando frío. En 1933, Meissner descubrió que el campo magnético en el interior de un sistema en estado de superconductividad es cero. En 1945, se lanzó un imán sobre una placa de plomo y este permaneció flotando encima en estado de ingravidez. Esto se explicó porque el imán inducía corriente en el superconductor que genera un campo magnético de la misma polaridad que el del imán. A partir de estos años ha surgido una carrera frenética para encontrar semiconductores a temperaturas críticas más elevadas cada vez. El descubrimiento de un superconductor práctico de temperatura ambiente representaría, sin duda una enorme revolución tecnológica. A finales del siglo X se ha utilizado resonancia magnética en la práctica médica usando imanes superconductores.

Informática

En 1930 Bush desarrolló el analizador diferencial, base sobre la que se fundamentaron los computadores analógicos y en 1939, Howard Aiken construyó el computador Harvard Mark I, que entró en funcionamiento en 1944.

Von Neumann se incorporó gracias a Goldstine al proyecto de construcción del computador electrónico ENIAC de la Universidad de Pennsylvania que contaba con 18.000 válvulas de vacío durante la Segunda Guerra Mundial. En 1947, el descubrimiento del transistor permitió sustituir las viejas y aparatosas válvulas de vacío por transistores, que redujeron las dimensiones e incrementaron las velocidades de cálculo de los computadores electrónicos. Von Neumann y Goldstine avanzaron en el diseño lógico de los computadores, resolviendo los problemas asociados al almacenamiento de datos, proponiendo el sistema numérico binario, que se aplicó por

primera vez en 1949 y que es la base sobre la que se asientan los computadores desde entonces. Las ideas de Von Neumann encontraron su plasmación en el primer prototipo llamado el IAS. En 1959, se creó el primer circuito integrado, conjunto de transistores y resistencias interconectados, naciendo así el chip, que permitiría dar un salto gigante en la construcción de computadoras, y en general, en la microelectrónica. En 1981, IBM creaba la primera computadora personal y en 1976 se fundó la Apple Computer que fabricaría la gama de computadores personales Macintosh competidores de los IBM. El avance en el campo de los ordenadores ha sido rapidísimo desde entonces y ha exigido combinar diferentes disciplinas, como la lógica formal, la física cuántica, la física del estado sólido, la teoría de la información y la teoría de sistemas.

Un área de gran interés en los últimos años es la de la inteligencia artificial cuyos objetivos son imitar por medio de máquinas, normalmente electrónicas, tantas actividades mentales como sea posible.

El siglo XX se ha caracterizado por el gran desarrollo de la informática con la consiguiente automatización de los procesos y el diseño de robots que tratan de emular el comportamiento humano.

Telecomunicaciones

El italiano Marconi reunió los descubrimientos de otros para crear el aparato de la radio. En 1901 transmitió el primer mensaje telegráfico sin hilo transoceánico.

La idea de utilizar ondas de radio para transportar información visual, se remonta a los primeros tiempos de la radio, pero no llegó a ser factible hasta 1926 en la que el escocés Baird mostró una televisión basada en un método mecánico que fue rápidamente sustituido por un sistema totalmente electrónico. Más tarde apareció la televisión intercontinental en la que los satélites situados en el espacio recogen las señales y las transmiten de vuelta a la tierra. Posteriormente se han extendido y continúan extendiéndose miles de kilómetros de fibra óptica para ofrecernos televisión por cable.

Otra gran revolución tecnológica de las telecomunicaciones es Internet que es una red de ámbito mundial constituida a su vez por redes de ordenadores de ámbito local. Tiene su origen en la red Arpanet que a principios de los ochenta interconectaba centros académicos y de investigación en Estados Unidos, a la que se fueron conectando progresivamente otras redes de ordenadores con el resultado de que en la actualidad se estime que forman parte de la red decenas de millones de ordenadores. Además la red continúa creciendo a un ritmo del 10 por 100 mensual.

Las últimas décadas del siglo XX han sido testigo de la aparición y la gran difusión de la telefonía móvil. Desde los primeros teléfonos móviles se han producido sorprendentes mejoras en la calidad, tamaño y prestaciones de los mismos. En estos momentos ya existen teléfonos móviles que cuentan de pantallas en color, memoria para grabación de gran cantidad de números, marcación y acceso a funciones del menú por voz y vibración del aparato para avisarnos del recibimiento de una llamada.

Fuentes energéticas

A finales del siglo XIX comenzaron las primeras industrias del petróleo pero no fue hasta el siglo XX cuando el carbón que había sido el combustible dominante se vio relegado por el petróleo. Además fue en el siglo XX cuando las industrias químicas se vincularon estrechamente con la industria del petróleo para mejorar la calidad de la gasolina y la producción de plásticos y polímeros cuya materia prima principal es el petróleo. El petróleo y el gas natural satisfacen aproximadamente la mitad de las necesidades mundiales de energía, mientras que el carbón cubre más de una cuarta

parte. Por contraste la energía nuclear sólo proporciona el 5% de los requerimientos globales, aproximadamente igual que la energía hidroeléctrica. Debido a que los recursos fósiles son limitados, en la actualidad se está investigando cada vez más en el desarrollo de las energías renovables tal como la energía solar, la energía de las mareas o la energía geotérmica de las cuales ya se han construido centrales en varios puntos del planeta.

Los transportes

En el siglo XX, la locomotora de vapor fue remplazada gradualmente por tracción eléctrica y diesel. La mayor potencia de las locomotoras eléctricas hizo posible la existencia de trenes más pesados y de velocidades más elevadas.

Los trenes Maglev (de levitación magnética) llegaron a ser técnicamente posibles en la década de los 70, pero parece improbable que lleguen a ser económicamente viables. Los diseños de Maglev son de dos tipos, los alemanes que levitan por electroimanes y los japoneses que utilizan imanes superconductores en la vía de guía que crean un campo magnético de la misma polaridad que los imanes colocados en el propio tren.

El tren de alta velocidad francés TGV se inauguró en 1981 entre París y Lyon alcanzando velocidades de hasta 270 km/h.

Los hermanos estadounidenses Wright fueron los primeros en realizar un vuelo sostenido, con un avión mecánico más pesado que el aire, dirigible y que transportaba hombres en 1903. En 1906, el francés Blériot se convirtió en el primer hombre que volaba en un avión por encima del canal de la Mancha. La primera Guerra Mundial fue testigo de programas masivos de construcción de aviones. En 1919 se llevó a cabo el primer vuelo transatlántico. El primer vuelo comercial de pasajeros llevado a cabo por un avión con motor turbohélice se realizó en 1950. Dos años más tarde la potencia de los turboreactores llegó a la aviación comercial con otro avión de pasajeros británico. El primer avión de pasajeros turboreactor estadounidense fue el Boeing 707, que empezó sus vuelos en 1958 en la ruta entre Nueva York y París. El avión anglo-francés Concorde fue el primer avión de pasajeros supersónico del mundo y empezó su servicio regular en 1976.

Tras la aparición de los primeros coches de gasolina, cabe destacar el "Silver Ghost" fabricado en 1906 por Rolls Royce que alcanzaba velocidades superiores a 100 km/h, ofreciendo al mismo tiempo una comodidad, aspecto y silencio sin rival. En 1908, el coche dejó de ser un juguete de los ricos cuando Henry Ford introdujo la producción en cadena para la fabricación de su famoso modelo T. En 1936, apareció el Mercedes-Benz que fue el primer turismo de motor diesel en carretera. A partir de entonces los automóviles han evolucionado tanto que en su gama más alta los coches tienen turbinyección, tracción en las cuatro ruedas y pueden alcanzar los 240 kilómetros por hora. Además, la informática está trayendo al mundo del automóvil numerosas innovaciones entre las que se encuentran los limpiaparabrisas que se activan al contacto con el agua; los sensores que nos indican si nos acercamos demasiado al coche que nos precede; los sistemas que controlan automáticamente la estabilidad en virajes bruscos y dentro de poco, coches que conduzcan solos.