

Ciencia Tecnología y Sociedad

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Avellaneda

Tecnología para principiantes
Autor: Eduardo Averbuj

Centro de Vinculación con el Nivel Polimodal y Superior

Tronco Integrador



Introducción	- ¿Qué es la tecnología?	pag. 7
Capítulo I	- La tecnología tiene historia	pag. 9
Capítulo II	- La historia continúa	pag. 19
Capítulo III	- Las máquinas	pag. 40
Capítulo IV	- La tecnología y los sistemas productivos	pag. 55
Capítulo V	- La tecnología y algunos problemas del mundo actual	pag. 62



INTRODUCCIÓN

*“Julieta (mi hija) heredó de la madre su belleza e inteligencia.
De mí, su pensamiento de izquierda.
Por estos motivos, le dedico este libro.”*

¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA?

Esta es una de las muchas cuestiones complejas que la tecnología misma no puede resolver. No existen definiciones completas capaces de explicar todos los aspectos que abarca e interrelaciona. A lo primero que se la asocia es a los objetos técnicos que impregnan nuestro tiempo. Pero es bastante más que eso. De todos modos, partamos de esto: significa pensar en cómo los seres humanos hemos creado un mundo artificial.

- ¿Quiere decir que este botón, este vaso de helado, el helado mismo, son tecnología?
- No, son objetos. El pensamiento que hay detrás de ellos es el tecnológico.
- Es lo que poluciona el ambiente, según dice mi amigo Carlos, el ecologista.
- Sin duda, y es también la que permite crear los remedios para esa contaminación.
- ¿Y las guerras, Eduardo? Cada vez se vuelven más tecnológicas. Eso lo deberás contar también.
- ¿Cuál sería tu idea?
- Que siempre expliques las cosas buenas y las cosas malas que la tecnología proporciona...
- Sin duda, ese será el espíritu que tendrá todo el libro.
- El año pasado, mientras estaba de vacaciones en ese país centroamericano, me di cuenta de que ellos no tienen tanta tecnología como nosotros.
- Desde luego, Juli, la tecnología cuesta mucho dinero y produce, también, mucho dinero.
- ¿Quieres decir que los países que tienen más tecnología son los que más ganan?
- Así es, efectivamente.
- Eduardo, para que los jóvenes como yo entendamos esto de la tecnología, tendrás que explicar eso también, ¿verdad?
- ¿Te das cuenta, Julieta, de que me estás armando el libro?
- Espero que, con lo que ganes como autor, siempre me invites con helados como este...

Mientras pedía otro helado, Julieta me guiñó el ojo, en un gesto de complicidad:

- Edu, lo que es absolutamente fundamental para que el libro les guste, que tenga humor, que no sea un tocho aburrido.

Es decir: cuenta historias divertidas y móntalo como si fuera un cómic.

- Juli, te lo agradezco infinitamente. Me voy antes que me olvide de estas ideas...

Ella se quedó terminando su helado y yo comencé a escribir lo que sigue...

CAPÍTULO I - LA TECNOLOGÍA TIENE HISTORIA.

En los orígenes.

Durante los muchos siglos del Paleolítico inferior (desde el 800.000 a.C. y hasta aproximadamente el año 40.000 a.C.), los seres humanos eran mayoritariamente nómades. Para alimentarse cazaban y pescaban. Sus instrumentos eran sencillos objetos naturales de piedra o madera, levemente transformados.

Más tarde, en la siguiente etapa de esa era, llamada Paleolítico Superior (desde el 33.000 a.C., hasta aproximadamente el 9.000 a.C.), aquellos instrumentos se fueron mejorando progresivamente, añadiendo otros de hueso. Cuando el clima se hizo muy hostil, lograron producir y controlar el fuego, fabricar vestimenta, así como construir viviendas.

Finalmente, en el Neolítico (en las zonas del Valle del Nilo y de los territorios situados entre el Eufrates y el Tigris), el ingenio de los seres humanos permitió la domesticación de animales y el comienzo de las labores agrícolas.

Esto tuvo como consecuencia la transformación de la vida nómada en sedentaria, lo que significó una verdadera revolución: la Revolución del Neolítico.

La Revolución del Neolítico

La invención del arado significó un cambio total en la vida humana; lo que dio origen a su denominación de Revolución del Neolítico. Dicha invención implicó un verdadero **paradigma tecnológico**, es decir, la nueva configuración social surgida a partir de un invento.

Un paradigma tecnológico

¿Por qué llamamos paradigma tecnológico a la revolución agrícola del Neolítico? Sin duda, porque ella influyó en todos los ámbitos de la vida humana.

Se necesitaron viviendas fijas, de estructura estable (**técnicas de construcción**). Fue preciso medir los campos, lo que dio origen a la **geometría** y **topografía**. Se hizo necesario guardar y conservar los granos, lo que significó la aparición de la **alfarería**.

Por otra parte, comenzó el intercambio de granos entre comunidades diferentes, origen del **comercio**. Hubo pueblos que intentaron apoderarse indebidamente de los excedentes, lo que dio origen al ciclo de las guerras, para las cuales se necesitaban personas especialmente entrenadas: los **militares**.

Gracias a esta nueva vida sedentaria, los seres humanos comenzaron a enterrar a sus muertos. Con ello, se iniciaron ritos funerarios y se creó un grupo especializado en ellos: los **sacerdotes**.

Para administrar el comercio, distribuir los beneficios, comandar a los guerreros, se hizo necesario un tercer grupo especializado: los administradores o **políticos**.

Estos grupos especializados no sembraban, no araban, no cosechaban. ¿Cómo se mantenían? Gracias a los tributos que cedía el resto de la población productiva. Así nace el **sistema de impuestos**.

Acerca del fuego

El historiador R. J. Forbes afirma que *“a medida que se fueron creando recipientes adecuados, se hizo posible cocer, guisar y freír. Estos avances en los medios de satisfacer el apetito del hombre condujeron a una cadena de consecuciones técnicas: la necesidad de disponer de un lugar correspondiente para conservar el fuego produjo un horno primitivo, cubierto de barro; el desarrollo de fuegos portátiles, como*

los braseros, originó la calefacción doméstica; parrillas, abanicos y fuelles se crearon para aumentar la eficiencia del fuego y nuestras calderas modernas son descendientes directas de aquellos.”

“Hasta un desenvolvimiento tan relativamente reciente como la alquimia, que no puede remontarse más atrás del siglo VIII a.C., empleó no solamente la terminología sino también los aparatos; filtros y baños de agua son enseres originarios de la cocina que se adaptaron a operaciones químicas.”

Procesos industriales tales como la metalurgia, la alfarería, etc., fueron resultados de la experiencia acumulada por los cocineros de la prehistoria. En todas las lenguas primitivas las faenas de calentar, secar, vaporizar, hornear, lavar, etc., provienen de palabras empleadas en la cocina.



Aparece la escritura

El progreso de la vida sedentaria permitió la formación de los grandes imperios del Cercano Oriente: Sumeria, Babilonia, Asiria y Egipto. En esas sociedades surgió, por primera vez en la historia, una significativa distinción social basada en la división del trabajo. Por una parte, una minoría de gobernantes y sacerdotes asumía el poder, administraba la economía y controlaba de forma despótica el orden social. Por la otra, existían grandes masas de desposeídos, encargados de las tareas manuales.

En esa época ocurrió un hecho trascendente: el surgimiento de la escritura, de la medición y el cálculo, como maneras de resolver los problemas surgidos de la administración y del gobierno.



Las primeras huellas de la escritura datan aproximadamente del 3500 a.C. en Sumeria y Egipto en forma de tablillas de barro, grabadas con pequeñas cuñas (escritura cuneiforme). Son textos que se refieren específicamente a la contabilidad, en las que se relata el reparto de los bienes ganados en las guerras, los tributos que los derrotados debían pagar a los vencedores, los impuestos que la gente debía ceder a sus soberanos, la organización del trabajo en la construcción de los palacios, así como también los inventarios de propiedades privadas y de los recipientes de aceite o granos. Además se anunciaban las obligaciones del pueblo hacia sus autoridades y sus dioses.

Avances en la técnica

En las civilizaciones del Cercano Oriente apareció de forma significativa la división entre el trabajo físico y la actividad intelectual. Los sacerdotes, nobles y funcionarios se apropiaron del conocimiento, mientras que la práctica de las actividades manuales era llevado a cabo por el resto del pueblo, es decir, los campesinos, artesanos y pastores.

Esta situación tuvo consecuencias importantes, haciendo muy escasos los aportes técnicos que se sumaron a los del Neolítico. Entre los más importantes podemos contar: el invento del vidrio en Egipto hacia el 1500 a. C. y la fundición del hierro, actividad generalizada en la misma época, principalmente para la fabricación de armas e instrumentos agrícolas.

Desarrollo de la metalurgia: impacto social

Técnicamente, las grandes civilizaciones se caracterizaron por sus conquistas en la arquitectura, por la obtención de materias primas a partir de la minería, así como por el desarrollo de procedimientos para su elaboración. Tuvo una gran importancia el empleo de metales, que se extendió más allá de los límites de esas civilizaciones y que también influyó de manera decisiva en la vida de otras zonas, sobre todo en Europa y Asia Occidental.

Hacia el año 3000 a. C., los mesopotámicos dominaban la elaboración del cobre, sabían cómo fabricar el bronce y trabajaban los metales, tanto para la confección de adornos y objetos de culto como en la fabricación de recipientes y herramientas.

Habían inventado el carro y utilizaban la tracción animal, y por otra parte, ya trabajaban con el torno de alfarero y extraían el agua con norias accionadas con el esfuerzo muscular. También fabricaban tejas para la construcción y conocían el sello como distintivo de propiedad; eran capaces de pulir la piedra y de tallar las piedras preciosas. Ellos disponían frecuentemente sus campos en terrazas regadas artificialmente.

El acto creador

El mismo R. J. Forbes afirma que *“existen muchas pruebas de la fuerza del mundo espiritual que motivó y limitó al tecnólogo precoz. Exigencias religiosas dominaban su selección de las posibilidades inherentes en los materiales que tenía a su disposición. El escultor egipcio era mucho más hábil que su contemporáneo mesopotámico que apenas disponía de piedra que tenía que hacer traer desde remotas regiones montañosas a elevado costo y muchas dificultades. Sin embargo, la forma del producto acabado en ambos casos quedaba limitada por los convencionalismos y particularmente por los fines rituales para los cuales con frecuencia se esculpían estatuas. La voz griega para escultor era el que hace vida”*

“Cuando se afanaba en su oficio, por consiguiente, el herrero interfería con los procesos naturales. Los dioses de los espíritus que guiaban su trabajo tenían que aplacarse con dádivas y plegarias: el herrero tenía que estar ritualmente ‘limpio’ cuando trabajaba en su oficio y además debía preocuparse de muchos tabúes. Los artesanos que así se arrogaban ‘actos de creación’ de los dioses eran considerados con asombro y a veces se les honraba como a magos. Esta especie de reverencia se extendía a sus herramientas; no hay más que recordar el sitio que ocupa el martillo del herrero en muchas leyendas y que el juramento pronunciado sobre el yunque se suponía que fuera particularmente inviolable.”

Esta mezcla de religión y tecnología se puede observar en artesanías tales como la metalurgia y la cristalería. Generalmente se creía que la naturaleza poseía sus propios medios de producir metales y menas que “crecían” en las entrañas de la tierra.

La ciencia y la técnica en la sociedad griega

A diferencia de lo que ocurría en los grandes imperios del Oriente Próximo, en los nuevos estados griegos las reflexiones científicas tuvieron un fuerte vínculo con la actividad laboral. De esta manera, la sabiduría (*sofía*) era sinónimo de habilidad técnica.

Se consideraba sabio al constructor de edificios, al experto en las tareas agrícolas, en las técnicas de navegación, al geómetra que medía y calculaba, o (incluso) al experto político.

A este período corresponde el perfeccionamiento del ancla, de la polea, del fuelle y de la rueda de alfarero. También en esa época, el arquitecto Teodoro de Samos inventó el nivel, la escuadra, la regla y la llave.

Hacia el 700 a. C., los mecánicos griegos desarrollaron la técnica de la descomposición de



las fuerzas con ayuda de las poleas complejas o **polipastos**.

El polipasto se compone de una polea fija y una segunda, sujeta al objeto a desplazar. Una cuerda las recorre, partiendo de un punto fijo, primero alrededor de la polea móvil y después de la fija. Tirando del extremo libre, la carga se desplaza únicamente la mitad de la distancia que lo hace el extremo libre.

El legado de Roma

Las grandes realizaciones tecnológicas de los romanos fueron las obras públicas. Así, construyeron puertos, acueductos, baños, anfiteatros y, especialmente, largas vías de circulación que permitieron un fácil desplazamiento de sus legiones y de los comerciantes a lo largo y ancho del gran imperio.

Vinculados a las relaciones económicas y sociales, en Roma tuvieron fundamental importancia los esclavos, quienes eran la mayoría de la población, es decir, la masa trabajadora de las grandes propiedades agrícolas, mineras y de las obras públicas.



En consecuencia, la abundancia de esta mano de obra de bajos salarios resultó un obstáculo para la aplicación de la ciencia a las técnicas laborales. En este sentido, la balanza y las herramientas de los mineros y de las obras públicas fueron heredadas de la antigüedad remota. Para mejorarlas, los romanos debieron generar un gran impulso de la mecánica.

La sociedad de la mano de obra barata

Forbes nos dice que “*el Imperio Romano fue una aglomeración de áreas de producción autárquica que no sufrieron de agudas crisis económicas ni de exceso de producción. El capital se invertía en tierras y esclavos, no en maquinaria costosa, puesto que la mano de obra era lo bastante barata en una sociedad que abastecía solo las necesidades básicas de las masas y pocos lujos para los ricos.*”

“Los techinitae (artesanos) eran despreciados; no tenían tiempo para dedicar su otium (ocio) a las cosas de la mente como lo hacían los patricios inteligentes. Ellos tenían que llevar a cabo su negotium y ‘estar sentados dentro como las mujeres’ se suponía que destruyera el espíritu filosófico de la clase en la cual se incluía hasta a los médicos. Cuando Arquímedes se atrevió a construir ingenios para defender a su asediada ciudad natal de Siracusa, Plutarco le excusó llamando a tales máquinas ‘productos derivados de una geometría cómica’. Plutarco observó con firmeza que la construcción de ingenios y, en general, todo oficio que se ejerciera por su valor práctico, era algo bajo y despreciable.”

“Este abismo existente entre la ciencia y la artesanía no fue eliminado por los romanos, aunque la ingeniería práctica gozaba de gran estimación y la empleaba el gobierno central para establecer y mantener su dominio sobre las riquezas del imperio.”

La escuela de Alejandría

La unificación del mundo oriental, gracias a las conquistas de Alejandro, creó las condiciones para un desarrollo del comercio y la industria, que se mantuvo en los imperios que se formaron después de su muerte. En los cuatro últimos siglos a. C., el mundo mediterráneo oriental y del cercano oriente, vivieron un período de esplendor que permite un gran florecimiento de inventos e innovaciones.

Por primera vez, se cuenta con testimonios escritos sobre temas referentes a la mecánica, que completan la información que brindan los hallazgos arqueológicos. Es la época de los

inventores cultos, en un período conocido como “helenístico”.

El más famoso de estos inventores fue, sin duda, Arquímedes (287-212 a. C.). No solo fue uno de los más grandes matemáticos de su tiempo, sino que, al desarrollar la teoría de la palanca, sentó los fundamentos de la mecánica teórica. Solo se prosiguió con el estudio de esta ciencia al final de la Edad Media.



A Arquímedes se le atribuyen unos cuarenta inventos, algunos de ellos tan importantes como la polea compuesta o polipasto, la rueda dentada y el tornillo sinfín. Un invento relevante fue la “cóclea” o tubo con una hélice, que permitía elevar el agua; la combinación de varias cócleas permitía elevar el agua a alturas considerables, con notables aplicaciones en la irrigación y el abastecimiento urbano.

Ctesibio, Herón y Cía: Inventores Alejandrinos, S.A.

Entre los inventores de esa época se destacaron:

- Filón de Bizancio,
- Ctesibio (que vivió hacia el año 100 a. C.), a quien se atribuye la invención de un reloj automático y de la bomba aspirante e impelente, y, el más importante:
- Herón de Alejandría (muerto probablemente hacia el año 70 a.C.).

Herón dividió sus máquinas en “espiritales” y “semovientes”; las primeras se basaban en la dilatación del vapor, del aire y del agua; las segundas, en una serie de mecanismos interiores hechos de ruedas, poleas, tornillos y contrapesos. Entre las “espiritales” está la *eolípila*.

Otras máquinas “espiritales” eran un “órgano de viento” y un “altar milagroso”, que mediante un fuego que calienta una masa de aire ejerce una serie de presiones sobre una masa de agua que, a su vez, hace funcionar unas bisagras que abren la puerta de un templo. Entre las máquinas “semovientes” destaca el “odómetro” que, mediante, un sistema de tornillos y piñones, medía las vueltas de las ruedas de una carro; era ni más ni menos que un taxímetro y que solo encontrará aplicación práctica en el siglo XV para medir la velocidad de las naves.

Los inventos de Herón de Alejandría no fueron más que juguetes ingeniosos que no tenían otro objetivo que distraer y asombrar a los cortesanos de la fastuosa Alejandría, una reducida clase ociosa y opulenta.



Los inventos e innovaciones que aprovechaban el aire, el vapor y el viento como fuentes de energía motriz, fueron desdeñados en su aplicación práctica; podrían haber ahorrado muchas fatigas a la humanidad. Como habían surgido en el seno de una sociedad que encontraba abundante mano de obra entre sus esclavos, no interesaron para ese fin.

Habrán de pasar muchos siglos y que la sociedad atravesase profundas transformaciones hasta que estos dispositivos revolucionarios dejaran de ser simples juguetes de salón, para que encontraran aplicación práctica, liberando a los seres humanos de enormes esfuerzos.

La época feudal, no tan oscura...

Se suele aceptar que la Edad Media comenzó en el año 476, cuando los bárbaros ponen fin al Imperio Romano de Occidente. Dos siglos más tarde, se organiza en Europa un sistema social denominado feudalismo, que culmina en los siglos XIV y XV.

Son muchos los historiadores que tienden a menospreciar a la Edad Media; poniendo el desdeñoso calificativo de “Edad de las Tinieblas”.

La Edad Media fue denominada Edad de las Tinieblas, porque las artes y la literatura alcanzaron una gran postración, de la que fueron recuperándose muy lentamente. Por lo que se refiere a la técnica, si comparamos la sociedad romana –esclavista- con la Edad Media, en esta última, se produce un notable progreso en todos los instrumentos mecánicos que hubieran sido envidiados por otras edades menos “tenebrosas”.



Así, por ejemplo, se puede citar el caso de la rueda hidráulica –invento trascendental y de inmensas posibilidades mecánicas, desdeñando por la “opulenta” sociedad romana-. Este dispositivo, a lo largo de la Edad Media, desarrolló casi todas sus posibilidades mecánicas y encontró muchísimos campos de aplicación práctica.

La sociedad árabe: sus aportes tecnológicos

Los árabes desarrollaron una tecnología vinculada a los saberes científicos. Lo que significa que comenzaron a contrastar las ideas teóricas con las observaciones y los resultados experimentales. En este sentido, crearon una amplia gama de instrumental médico, así como numerosos productos farmacéuticos, textiles y cosméticos.

Gracias a la expansión de su imperio en Oriente, los árabes conocieron numerosos inventos, como la pólvora, la porcelana y la seda, y aprendieron a fabricar papel y hielo artificial, innovaciones que trasladaron a Europa.



Por otra parte, perfeccionaron las manufacturas de acero y de vidrio y también parece que inventaron el molino de viento, en un modelo que sería utilizado en los siguientes siglos.

El renacer de Europa

Durante la Edad Media se mantuvo latente la tradición científica grecorromana en Occidente. Así, desde el siglo IX comienza en Europa un nuevo despertar cultural, que creció en los siglos XII y XIII con los aportes científico-tecnológicos de los árabes y su traducción de las obras clásicas, como las aristotélicas.

El proceso de renovación cultural culmina hacia el siglo XV con el humanismo renacentista y la fundación de las primeras universidades. Se trataba de instituciones educativas de nivel superior, en las que se enseñaba filosofía y derecho, medicina, astronomía y teología. Eran centros en los que su enseñanza se basaba en las ideas cristianas acerca del mundo y de los seres humanos.



El progreso tecnológico del mundo agrícola medieval permitió un proceso de doble sentido. Por una parte, los nuevos instrumentos y máquinas implicaban conocimientos y habilidades especiales. Un ejemplo es el caso de los molinos hidráulicos o eólicos, cuyos complejos mecanismos requerían personas específicamente formadas en su creación, mantenimiento y reparación.

Resurgen las ciudades

Por otra parte, el conjunto de bienes excedentes en la ganadería y en la agricultura permitieron el incremento del comercio. Esto significó que muchos campesinos emigraran del campo a la ciudad, lo que tuvo como consecuencia la creación de nuevos oficios o la conversión de los agricultores en comerciantes.

Esto implicó el nacimiento de nuevas ciudades. Rápidamente algunos comerciantes acumularon gran riqueza y poder político, desplazando a los antiguos nobles. Aumentó la cantidad de artesanos, quienes progresivamente adquirieron una importancia social relevante en la nueva economía urbana.

*A fin de defender sus intereses y aumentar su poder político, los artesanos y comerciantes se unieron formando **gremios**.*

Una tarea fundamental de dichas organizaciones fue reglamentar los oficios y regular su competencia laboral.



Mientras tanto, en América...

Con el objeto de proteger la capital del imperio incaico, Cuzco, 3000 indios erigieron una fortaleza de enormes muros ciclópeos llamada Sacsahuamán. Por esta misma época, los incas construyeron también un camino real de 5200 Km. de longitud, que atravesaba el difícil terreno de los Andes.

Hasta bien entrado el siglo XIX, esta carretera andina continúa siendo la arteria principal de circulación más larga del mundo.



Los logros arquitectónicos de este pueblo andino son una gran obra del trabajo de ese pueblo, dado que todas esas obras se construyeron tan solo con ayuda de medios más primitivos que los empleados en Asia y Europa en épocas muy anteriores. Los incas desconocían, por ejemplo, la rueda. Por este motivo, los bloques de piedra de hasta 8 m de altura empleados para la fortaleza, debían ser arrastrados mediante trineos o elevados tan solo con la ayuda de cuerdas.

Puesto que los incas desconocían el principio de construcción de las bóvedas, para atravesar los innumerables ríos que encuentran a lo largo del trazado de su carretera andina, construyeron puentes de pontones y en voladizo.

Además de la calzada real, que atraviesa las altas montañas, los incas construyen en el siglo XV una carretera costera desde el norte al sur, de longitud similar a la anterior que atraviesa sus dominios que comprenden Ecuador, Perú, Bolivia y el norte de Chile y Argentina.

Las fuentes de energía: el agua y el viento

La energía hidráulica fue utilizada en primer lugar en los molinos, con el fin de mover la muela, herramienta de molienda. Más adelante fue aplicada en la minería, para triturar el mineral, en las madereras para mover las sierras, en la industria del papel o en la siderurgia para mover los fuelles y martillos, etc.

Por su parte, el aprovechamiento de la energía eólica tiene su máxima expresión tecnológica en el molino de viento.

El molino de viento aparece en Europa hacia el siglo XII y tuvo aplicaciones similares que las del molino hidráulico.

Sin embargo, el aprovechamiento de la energía eólica adquiere su importancia fundamental en el desarrollo de la navegación marítima.



Sustituyendo a las viejas naves movidas por remos (y a veces con velas suplementarias) aparecen en Europa, en los siglos XIV y XV, los grandes navíos dotados de grandes mástiles que soportaban inmensas velas. Este aprovechamiento de la energía del viento fue posible gracias al invento del **timón de codaste**, que permitía una gran capacidad de maniobra a los barcos, posibilitando incluso que pudiesen navegar en contra del viento. Estas innovaciones técnicas –a las que se les sumó la aparición de la brújula en el siglo XII y el perfeccionamiento del astrolabio– hicieron posibles los grandes viajes y descubrimientos de los navegantes portugueses, italianos y españoles realizados desde el siglo XIV al XVI.

La energía, una necesidad primaria

El ser humano tiene que adaptarse a su medio para sobrevivir y cubrir sus necesidades esenciales: alimentarse, cobijarse, etc. Sin embargo, la adaptación humana al entorno presenta particularidades exclusivas de una naturaleza cualitativamente distinta a la del resto de los seres vivos. Estos se acomodan al medio, modificando su propio organismo hasta garantizar su supervivencia. El ser humano elabora, para sobrevivir, instrumentos y herramientas.

Para Carlos Marx, el ser humano se diferencia de los animales precisamente en el momento en que empieza a producir sus propios medios de vida.



Una primera consecuencia de esta peculiar forma de adaptación al entorno es la inevitable dependencia humana de fuentes energéticas externas, distintas a las de su propio organismo. Para poder confeccionar los instrumentos y las herramientas que garanticen su supervivencia, la humanidad necesita energía. Esta es la primera “premisa” de toda existencia humana.

Es decir, a medida que satisface sus necesidades básicas, el ser humano acaba creando otras, y a medida que aumentan estas, también lo hace la cantidad de energía necesaria para satisfacerlas. Por tanto, la segunda consecuencia derivada de la particular adaptación del ser humano a su ambiente es que su dependencia energética es creciente.

La madera, el material de la Edad Media

El material más importante de la Edad Media y el Renacimiento fue la madera, que se usaba para fabricar:

- los molinos, las norias, los barcos, los aperos de labranza (arado, carro, yugo de bueyes y caballerías, etc.),
- los instrumentos de hilar (la rueca, el telar...),
- las prensas de vino y aceite,
- los toneles,
- el calzado (zuecos),
- las partes estructurales de las herramientas de los carpinteros (garlopa, azuelas, cepillo...),
- en la construcción de edificios, la madera alternaba con el barro (adobes) y la piedra; en estos casos, la madera no solo se utilizaba en la estructura de las edificaciones (vigas, armaduras de tejados, tirantes...), sino también en los medios técnicos utilizados (palancas, grúas, ruedas...).

Otros materiales de este período

En ese período, también se usaron otros materiales importantes:

- a. El hierro colado apareció en Europa en el siglo XIII y en el siglo XIV se generalizaron los altos hornos. El hierro tuvo aplicaciones en numerosos oficios: rejas de los arados, herramientas de los herreros y carpinteros, cañones, mosquetes, etc.
- b. Los tejidos, principalmente la lana, el lino, y a partir del siglo XIV, el algodón.
- c. El papel, que fue un aporte de los árabes; en Europa comenzó su producción en el siglo XIV, debido al invento de la imprenta de tipos móviles por Johannes Gutenberg.
- d. El vidrio, que al principio se utilizó para fabricar recipientes y vidrieras traslúcidas; a partir del siglo XIII, se logró fabricar un vidrio incoloro, completamente transparente, lo cual favoreció posteriormente el desarrollo de los anteojos y la fabricación de espejos, sobre todo por obra de los artesanos venecianos (cristales de Murano).

En Europa, cada vez más hierro...

Pese a que ya en la Antigüedad se explotó y aprovechó de forma sistemática la mena del hierro, este material fue relativamente escaso hasta siglos después, ya que era caro. Pero con el creciente armamentismo fueron apareciendo nuevas plantas siderúrgicas en toda Europa y, hacia finales de la Edad Media, Europa producía anualmente no menos de 60.000 toneladas de hierro bruto.

Contribuyeron también a este importante aumento de la producción las nuevas técnicas siderúrgicas. Mejor dicho, la demanda creciente y las tecnologías perfeccionadas se ayudaron mutuamente. El avance más importante dentro de la producción de hierro se realizó, hacia finales de la Edad Media, con el paso del hierro forjado al hierro fundido.

Las fundiciones de la época emplean la fuerza del agua, gracias a la cual el hierro fundido en planchas planas se somete a procesos de laminado y estirado. La rueda hidráulica acciona los dispositivos con engranajes y los fuelles de aireación.



Leonardo Da Vinci

Leonardo parte de problemas agudos, buscando para ellos soluciones de tipo técnico. De este modo, crea una grúa móvil para facilitar las labores de construcción en las que hay que elevar cargas pesadas. Dicha grúa está montada sobre un vehículo y se gobierna desde arriba mediante un cable tensado.

Leonardo no propone este tipo de construcciones solo como conceptos sin elaborar sino que soluciona todos los detalles relacionados con ellas. Inventa así una serie de nuevos elementos para las máquinas: tornillos sin fin, engranajes helicoidales, una cadena articulada y diversos cojinetes de rodillos y bolas, así como rodamientos axiales.

Volar como los pájaros

Leonardo estudió también el tema de las bombas y molinos de agua. En 1510, inventa un molino de aire caliente basado en el principio de la rueda de palas. Este dispositivo se basa en el aprovechamiento del calor residual. Un rotor de palas instalado en la chimenea gira a consecuencia de la ascensión de los gases de combustión calientes, haciendo girar un asador mediante un sistema de ruedas dentadas.

El sueño de elevarse por los aires igual que las aves lleva a Leonardo a la construcción de aparatos voladores para un solo ocupante. Proyecta ornitópteros, que se accionan sobre todo con las piernas, disponiendo ya de un timón de profundidad. Da vida además a construcciones de modelos dotados con alas giratorias (helicóptero) y equipados incluso con amortiguadores para lograr un aterrizaje suave.

CAPÍTULO II - LA HISTORIA CONTINUÁ

Las revoluciones industriales

Se conoce como Revolución Industrial al conjunto de cambios tecnológicos y económicos implicados en los procesos productivos, que permitieron convertir la sociedad agrícola en una sociedad industrial.

Fueron muchas las transformaciones que caracterizaron este cambio. Se puede afirmar que la más significativa de ellas la constituyó la **mecanización de los procesos productivos**.

*Sin duda, en la Revolución Industrial nacen las fábricas modernas...
Y también la burguesía, el proletariado... ¡y los sindicatos!*



Estas transformaciones tuvieron efectos que fueron más allá de lo económico y lo tecnológico, incidiendo en todos los campos de la vida humana. La Revolución Industrial implicó, sin duda alguna, uno de los mayores cambios sociales vivido por la humanidad desde sus orígenes. Se trata de un verdadero paradigma fundado en creaciones tecnológicas.

Revoluciones industriales; ¿cuántas?

Los especialistas suelen dividir el proceso de la Revolución Industrial en tres etapas diferentes de acuerdo a:

- las fuentes de energía más utilizadas,
- las principales innovaciones tecnológicas y
- las áreas productivas más relevantes.

Estas etapas son las siguientes:

a. Primera Revolución Industrial.

Transcurre desde mediados del siglo XVIII hasta finales del siglo XIX. Los signos distintivos de esta Revolución fueron la energía del vapor y el carbón. La energía surgida de la máquina de vapor fue reemplazando progresivamente a la energía animal y la hidráulica.

Los sectores de la producción más singulares fueron el textil –sin duda, el motor económico de ese período- y el siderúrgico: el hierro y el acero fueron los materiales más utilizados en la época.

b. Segunda Revolución Industrial.

Se extiende desde finales del siglo XIX hasta mediados del siglo XX. Su innovación más importante la constituyó la electricidad. Junto con el petróleo aportaron la energía característica de esta etapa. En ese período, aparecen dos innovaciones fundamentales: la turbina y el motor de explosión interna.

Si la Primera Revolución Industrial tuvo su centro en Gran Bretaña, la segunda surgió y se desarrolló en Estados Unidos.

Las áreas productivas más importantes de esta fase fueron las de automoción, la aeronáutica y la petroquímica. Por otra parte, tuvieron un fuerte auge las tecnologías asociadas con los medios de comunicación.

c. *Tercera Revolución Industrial.*

Después de la Segunda Guerra Mundial, los países industrializados entran en una nueva etapa de desarrollo, que algunos expertos han designado como la “era digital”. Su motor fue, sin duda alguna, el inmenso desarrollo del campo de la informática y de las telecomunicaciones. Como afirma el teórico norteamericano John Nigroponte, ha comenzado una era en la que “los bites reemplazan a los átomos”. Esto significa que la rapidez de la información y el acceso a la misma se convirtieron en los bienes más preciados.

En lo que se refiere a las fuentes de energía, la novedad más relevante fue la utilización de la energía atómica.

Como resultante del importante crecimiento del sector servicios, que supera al industrial, la economía se terceriza, lo que ha llevado a algunos teóricos, como Daniel Bell o Alain Touraine, a designarla como “sociedad postindustrial”.

Primera Revolución Industrial: economía y tecnología, muy relacionadas

En un proceso sin precedentes en la historia, la industrialización fue posible gracias a un poderoso cambio tecnológico ocurrido en el siglo XVIII, sobre todo en Gran Bretaña. Allí, la innovación se fue convirtiendo casi en un estilo de acción de mucha gente. Esto contribuyó al caudal de inventos e innovaciones incorporadas al proceso.

Pero el verdadero origen del cambio tecnológico hay que buscarlo en la economía. Los inventos surgidos en la Revolución Industrial fueron, fundamentalmente, repuestas a las necesidades del mercado. Los innovadores generaban sus inventos cuando las posibilidades de los instrumentos tradicionales se habían agotado y era necesario producir más, y más barato.

La mayor parte de las innovaciones tecnológicas surgieron del intento de encontrar una alternativa a alguna mercancía que, por su escasez, no se podía producir a la velocidad requerida por el mercado.



En sus comienzos, la Revolución Industrial significó –en su aspecto tecnológico- una profundización del aprovechamiento de las fuentes de energía medievales. Las primeras fábricas –las hilanderías de algodón- eran movidas por ruedas hidráulicas. La máquina de vapor no entró en acción hasta finales del siglo XVIII y su ritmo de incorporación fue, –al menos en algunas ramas industriales- muy lento.

La máquina de vapor, actriz principal

La máquina de vapor es la invención clave de la Revolución Industrial; sin ella, el impulso de mecanización de los procesos productivos se hubiese agotado.

La máquina de vapor nació íntimamente asociada al carbón, no solo por ser su combustible básico, sino también porque su origen está muy vinculado a las necesidades de las minas de carbón.

Las necesidades crecientes de combustible incidían en el progresivo incremento de la creación de pozos. Cada vez era más urgente disponer de máquinas de mayor potencia, capaces de bombear el agua de las minas. De esta necesidad surge la construcción de las primeras máquinas de vapor.

La invención de la máquina de vapor corresponde al escocés J. Watt (1736-1819). Dicha máquina se usó en las minas y en todos los establecimientos fabriles, traspasando rápidamente las fronteras de la industria británica.

La revolución tecnológica y la industria textil

La industria algodonera constituyó la vanguardia de la Revolución Industrial. En ella, aparecieron por primera vez las características de la industria moderna:

- unidades operativas en gran escala;
- incorporación masiva de una maquinaria que economiza la mano de obra;
- el proceso laboral adquiere un cierto régimen.

En la industria textil, y más específicamente en su sector algodonero, se produjeron los primeros cambios tecnológicos revolucionarios, previos inclusive a la máquina de vapor.

La industria textil involucra distintos procesos en cadena: hilado, tejido, blanqueo, tinte, etc. Las primeras innovaciones ocurrieron en la hilatura, ya que en las actividades regulares se precisaban tres o cuatro trabajadores para lograr abastecer de hilo a un solo tejedor. Esta relación entre hiladores y tejedores aumentó cuando en 1733, en la fabricación de los tejidos, se impuso la lanzadera rápida de J. Kay, que sustituyó a las de tipo manual.

La revolución en la industria textil

La lanzadera rápida de Kay inicia una revolución en la industria textil. Ahora, un único tejedor puede manejar de manera simultánea varias máquinas y tejer así telas de diferentes anchos y con mayor rapidez de lo que se hacía antes. Las telas obtenidas se convierten en un artículo de consumo y bajo precio. Esto hace que aumente la demanda de hilo. Este problema lo soluciona la construcción de Kay.

La manufactura algodonera dio pruebas de las ventajas de la mecanización, ya que no solo ahorra mano de obra, sino que generaba productos de mejor calidad. Mientras que en la primera época de la Revolución Industrial se trataba sobre todo de sustituir la manufactura por el trabajo mecánico con el fin de independizar a las grandes empresas textiles de la costosa mano de obra humana, y alcanzar el mismo nivel de calidad industrial, los empresarios de finales del siglo XIX tuvieron como meta principal la producción a gran escala.

Los avances en la siderurgia

La industria textil británica irradió a otras ramas rápidamente. El impacto fue especialmente intenso en la industria del hierro. Las máquinas textiles y las máquinas-herramienta requerían grandes cantidades de ese metal. Por otra parte, la creciente escasez de madera obligó al empleo del hierro como nueva materia prima para la industria.

El hecho de que, en vista del rápido crecimiento de su producción, las plantas siderúrgicas tuvieron que adaptarse a un nuevo combustible como el carbón, hizo necesarias nuevas técnicas de fundición. Desde 1760, los viejos hornos de afinación fueron siendo sustituidos por los “de reverbero” y se introdujo el procedimiento de pudelado.

El primer cambio hacia una siderurgia de calidad lo supuso, en 1856, la invención, por el británico Henry Bessemer, del convertidor. En él, al soplar aire al hierro bruto lo convertía en acero.

Después de 1880, cuando los generadores pudieron producir grandes cantidades de electricidad, aparecieron los hornos eléctricos de fundición, especialmente adecuados para producir aceros, con aleaciones especiales.

En los años sesenta del siglo XIX, los franceses Emile y Pierre Martin y el alemán Siemens desarrollaron el horno.

Siemens y Martin, con él, pudieron transformar hierro de baja calidad, incluso escoria, en valiosos aceros.



Aparece el ferrocarril

La aplicación de la máquina de vapor a la tracción terrestre revolucionó en menos de cincuenta años el transporte en Europa y en América del Norte. La primera locomotora bien lograda se debe a George Stephenson, que hizo su primer recorrido de Liverpool a Manchester en 1830.

Algunas décadas más tarde, en Centroeuropa y en los Estados Unidos existían amplias redes que cubrían gran parte del territorio. Cuando a comienzos de 1890 se construyeron las primeras locomotoras de vapor recalentado, el grado de eficacia aumentó rápidamente y aparecieron los primeros trayectos de trenes rápidos.

De manera paralela al tráfico ferroviario, la segunda mitad del siglo XIX permitió apreciar las primeras experiencias en un transporte motorizado que circulaba por tierra.

Estas son las palabras de Marc Séguin, un pionero del ferrocarril en Francia: *“Este mismo vapor nos permite cruzar los mares y con rapidez inigualable nos lleva a los más alejados rincones en palacios flotantes que albergan tanto al pobre como al rico, poniendo a su alcance una serie de lujos y comodidades de los que a menudo carecen en sus hogares. Por último, atravesando valles y colinas, se extienden largas serpentinas de hierro por las que se precipitan, veloces como el pensamiento, aquellas formidables máquinas que parecen devorar el espacio con espontánea impaciencia, y que a juzgar por su respiración y movimiento se dirían casi humanas. Cuando nos paramos a reflexionar sobre la majestuosa elegancia de estas cintas que discurren graciosamente, adaptándose al llano o al hueco de los valles, surcando abismos y trepando por la granítica mole de las montañas: cuando uno piensa que tales cosas son el resultado de una industria que no solo cuenta con unos pocos años de existencia, de un instrumento que conocemos de manera imperfecta, de un arte que apenas apunta, uno se pregunta qué prodigios seguirán al perfeccionamiento de este arte y se siente poseído por el noble deseo de contribuir de algún modo a convertir en realidad tal cúmulo de bendiciones.”*

Así, fueron muchos los idealistas que vieron en el ferrocarril la concreción de doctrinas milenarias, y bien puede decirse que un elevado porcentaje de los primeros técnicos ferroviarios fueron discípulos del socialista utópico Saint-Simon.

Cambios en la navegación

Si importante y trascendental resultó para las comunicaciones terrestres el ferrocarril, la aplicación del vapor a la navegación marítima fue un hecho revolucionario. Fulton, en 1807, creó el primer barco de navegación fluvial accionado a vapor y movido por medio de ruedas muy grandes situadas a ambos lados del barco.

En 1843, con la introducción de la hélice, se pudo extender la navegación de vapor para las travesías de los grandes mares debido, fundamentalmente, a que la nave de vapor constituía una competencia mucho más fuerte que la locomotora. Mientras que esta debía superar la competencia de los caballos, el buque a vapor se enfrentaba al viento como fuerza impulsora de los veleros.

La Primera Revolución Industrial: la relación entre ciencia y tecnología

Se puede afirmar que antes de la Revolución Industrial, el papel de la ciencia fue muy escaso en lo que se refiere a la realidad económica y a los procesos productivos implicados en ella. Uno de los cambios a los que contribuyó la revolución del siglo XVIII fue colocar a la ciencia con capacidad de intervenir activamente en esos procesos.

Hasta fines del siglo XVIII, la creación tecnológica tuvo una base empírica. Esto significa

que se basaba en la experiencia, sin contar con ninguna teoría científica que fundamentara sus creaciones. Sin embargo, en el desarrollo de la Revolución Industrial, las innovaciones y los inventos necesitaron cada vez más, aportes científicos.

Esto culminó hacia el final del siglo XIX, cuando las teorías y los conceptos científicos se constituyeron en el factor decisivo de las innovaciones tecnológicas.

Por otra parte, a lo largo del siglo XIX, la ciencia prescindió de su aspecto puramente académico, y se fue convirtiendo en uno de los principales factores de las fuerzas productivas. Se puede decir que, en consecuencia, los vínculos existentes entre ciencia, tecnología e industria se determinaron por relaciones recíprocas y complementarias:

- a. por una parte, los conceptos y explicaciones científicas de los procesos industriales y las innovaciones tecnológicas condujeron a teorías que dieron nacimiento a nuevos dominios de la ciencia. Así, las invenciones y los procesos industriales estimularon la actividad científica. Esto queda muy claro en el caso de la máquina de vapor en la fabricación del hierro y el acero;
- b. por otra parte, las conquistas científicas en algunos campos, como es el caso de la electricidad y la química, potenciaron el nacimiento de nuevas industrias: el telégrafo, los colorantes sintéticos, etc. Es evidente que el rol de la ciencia en el camino del cambio tecnológico se distingue claramente según el sector industrial implicado.

La termodinámica: relación entre tecnología y ciencia

La termodinámica, rama principal de la física, es una consecuencia directa del gran hallazgo del siglo XVIII, la máquina de vapor, o la “máquina filosófica”, como se la solía describir.

La producción económica y la utilización de la fuerza mecánica fueron resultado de la inspiración de científicos como Sadi Carnot, Joule, Rankin y Thomson. Ellos estudiaron en primer lugar el concepto de máxima energía utilizable –la Segunda Ley de la Termodinámica–, y más tarde el concepto de indestructibilidad de la energía y la capacidad de intercambio de todas las formas de energía, o sea, la Primera Ley de la Termodinámica. Es decir, la Termodinámica es un ejemplo de cómo una innovación tecnológica puede impulsar la creación de reflexión científica teórica.

El aporte de la termodinámica habría de brindar a la industria un beneficio que ganó importancia con el motor de combustión y los primeros ensayos de las técnicas de refrigeración.

Esta rama de la ciencia fue aplicada a la química por Clausius y Gibbs; lo que se convertiría en la base de la industria química racional del siglo XX.



Las ramas eléctrica y térmica de la ciencia decimonónica recibieron pocos años más tarde el impulso de las nuevas formulaciones de la física atómica y, en el siglo XX, se unieron en las generalizaciones de Einstein y Max Planck sobre la teoría cuántica.

Opiniones de un marxista

John Bernal, un gran físico e historiador de la ciencia, afirma que:

“En un principio, la máquina de vapor era ‘un medio de elevar el agua mediante el calor’; pero tras el primer impacto del hallazgo, se planteó la cuestión de la cantidad de calor necesaria para elevar una

determinada cantidad de agua. Ya en el siglo XVIII esta cuestión indujo a Watt a criticar y a mejorar la vieja máquina atmosférica de Newcomen.”

“Esta suma de consideraciones muestra de cuántas maneras las necesidades de una economía en expansión planteaban el problema de una determinación precisa del valor de cada forma de energía, de modo que pudiera equipararse al patrón universal: el dinero. La solución de este problema requería no solo mediciones precisas en una escala razonable, sino también una teoría física y matemática que hiciera inteligibles los resultados experimentales.”

Continúa hablando John Bernal...

“El factor que se echaba en falta era la conjunción del trabajo matemático con la tarea práctica del ingeniero, factores que o bien podían coincidir en un solo hombre, como era el caso de Sadi Carnot, o bien eran la resultante de una estrecha colaboración entre científicos como Joule y Thomson. Para acometer la tarea hubo que esperar a que se constituyera un grupo suficientemente numeroso de ingenieros familiarizados con la máquina de vapor, lo cual a la vez dependió del extraordinario incremento en su ritmo de utilización alcanzado en los comienzos del siglo XIX.”

“De todos los pioneros, Sadi Carnot es, con mucho, el más inteligente, racional y con mayor percepción en el campo de la física. En su época, se produjo en Inglaterra una verdadera avalancha de inventos de nuevas máquinas, puesto que fue allí donde empezaron a experimentarse las máquinas de alta presión, de expansión múltiple, de vapor y neumáticas, y allí, también, donde se formulaban las mayores exigencias en cuanto a rendimiento. Carnot, un tanto marginado pero perfecto conocedor de la maquinaria a la sazón en uso en Inglaterra, imaginó la máquina ideal, es decir, aquella que impulsada por vapor o líquido combustible producía un rendimiento máximo.”

La química, contra la magia

Hacia el siglo XIX, el período de la química tradicional se extinguió y, comenzaron a utilizarse métodos racionales basados en una clara concepción de los elementos químicos y de la ley de la conservación de las masas.

Al iniciarse el siglo, H. Davy y J. Dalton proporcionan las claves de la descomposición electroquímica y de la teoría atómica. Sin embargo, la variedad de sustancias minerales y, sobre todo, orgánicas, era tan grande, que se necesitó de casi todo un siglo para poder aplicar de manera efectiva dichas claves a la comprensión de la estructura de los compuestos químicos y de las reacciones entre ellos.

La complejidad de las estructuras moleculares no era el único obstáculo para el desarrollo de la química; además, era preciso eliminar la influencia de las teorías medio-mágicas y medio-metafísicas, del pasado.

La oposición que provocó la teoría atómica respecto a dichas posturas, continuó manifestándose con toda su virulencia hasta finales del siglo XIX.



La química industrial, en sus inicios

Estos avances están relacionados en todos los órdenes con la solución de los problemas creados por una industria química en franco desarrollo, de la que surgen, a su vez, nuevas ramas como la de los colorantes de alquitrán de hulla o las fábricas de álcalis. En el transcurso del siglo XIX la química trata, sobre todo, de abrirse paso, concentrando su labor en la purificación de las sustancias naturales y en el análisis de las mismas.

A pesar del trabajo de vanguardia llevado a cabo por Berthelot, la síntesis química industrial de las moléculas complejas a partir de los propios elementos no ocurriría hasta bien avanzado el siglo XX.

La industria química, una opinión autorizada

Como afirma John Bernal:

“Debido a los estrechos y evidentes lazos entre la industria química y el progreso de la ciencia química desde los días de la gran revolución química, no es preciso demostrar ahora su interdependencia, sino que se trata más bien de sacar a relucir la fina urdimbre de consideraciones teóricas y prácticas que condujeron al progreso de una y otra. Es evidente que la factoría química nunca pudo distanciarse demasiado del laboratorio, donde se determinaban los procesos industriales y donde podían modificarse o sustituirse por otros más idóneos. En esta industria, como en el caso de la electricidad, existía, pese a los múltiples lazos apuntados, un gran foso entre el laboratorio y la fábrica, y que por muy científicos que fueran los principios aplicados, la manipulación de materiales en las industrias químicas era, por lo general, producto de la tradición y de la experiencia práctica más que de un planeamiento y trabajo científicos”.

La electricidad y sus aplicaciones

La electricidad, conocida desde el 1700 solo como un juego recreativo en los salones aristocráticos, alcanzó en el siglo XIX su mayor desarrollo teórico, convirtiéndose al final del siglo en parte esencial de la vida cotidiana.

El inicio de la nueva era comienza por el descubrimiento de la corriente eléctrica por Volta y Galvani (1800). Ya en 1831, Davy, Oersted y Faraday habían descubierto todos los fenómenos que están en la base del telégrafo, la luz y la fuerza eléctrica. Pero tuvieron que pasar más de cincuenta años antes de que todas estas posibilidades se hicieran realidad; no tanto por las dificultades técnicas como por la falta de apoyo económico, consecuencia, a su vez, de las escasas perspectivas de rentabilidad en la utilización de la electricidad.

Los tres campos de utilización de la electricidad fueron, en orden cronológico, la comunicación, el alumbrado y la fuerza eléctrica.

El telégrafo, una nueva forma de comunicarse...

El telégrafo electromagnético fue el último de una serie de intentos para utilizar otras propiedades de la electricidad para la transmisión de señales. La telegrafía tenía dos problemas: 1) la técnica matemática necesaria para encontrar mediante señales unitarias, el código más efectivo de transmisión de mensajes; 2) los problemas físicos de la transmisión y recepción de estas señales.

Tanto la solución a los problemas de la generación de corriente mediante baterías como la de la propagación a través de la red y la medición eléctrica surgieron de la telegrafía, que estimuló a la vez el desarrollo de la misma.

El primer problema a resolver para transmitir señales eléctricas a distancia fue resuelto por el pintor norteamericano Morse en 1832, al reducir dichas señales a lo más simple, el punto y la raya, método que continuó utilizándose hasta hace pocos años.

La solución del segundo problema fue obra de varios investigadores. Entre ellos encontramos los nombres de Henry, Gauss, Weber y Wheastone



Así, los métodos y principios de la medición eléctrica evolucionaron al ritmo de estas investigaciones, permitiendo el conocimiento de las relaciones entre la electricidad y el magnetismo expresadas en la **teoría electromagnética de la luz**. También llevó a la integración de las nuevas unidades eléctricas en el antiguo sistema de pesos y medidas, con el objeto de permitir la determinación precisa de un nuevo producto como es la electricidad, que se podía

comprar y vender.

El alumbrado, en las casas y en las calles

El aporte del alumbrado a la industria eléctrica y a la ciencia tendría mucha mayor trascendencia en un futuro cercano. El alumbrado callejero, en particular, requería de modo apremiante una luz más intensa. De ahí que cualquier alternativa tuviera en principio posibilidades de aceptación y que, según avanzaba el siglo, el fantástico crecimiento de las ciudades incrementase la exigencia de encontrar una respuesta adecuada.

En esa época, primeras décadas del siglo XIX, el mecánico alemán Heinrich Goebel fabricó una lámpara de incandescencia. El inglés Joseph Swan desarrolló esta idea y construyó diversas lámparas de este tipo, si bien pronto abandonó los intentos al no conseguir la fórmula adecuada. Sin embargo, el invento no se popularizó, pues no se disponía todavía de fuentes de corriente confiables y a buen precio.

La aparición de dos mejoras prácticamente contemporáneas, introducidas por Swan y por el estadounidense Thomas Alva Edison permitió que la lámpara de incandescencia eléctrica se impusiera de una manera definitiva. Además, Edison creó las centrales eléctricas necesarias para suministrar la corriente que permitía su funcionamiento.



La lámpara incandescente

Después de que el inventor británico Joseph Swan obtuviese una patente para la fabricación de filamentos de incandescencia mejorados, su empresa y la de Thomas Alva Edison se fusionaron para formar la Edison & Swan Electric Company, dominada por el inventor estadounidense, que tenía especial olfato para los negocios.

Edison sabía que las bombitas solo producirían beneficios si se fabricaban en masa y que podrían venderse en grandes cantidades solo si se disponía de la infraestructura adecuada, es decir, centrales eléctricas y redes de distribución que permitiesen su utilización. La empresa inició la construcción de dicha infraestructura, invirtiendo grandes sumas de dinero en ella.

Una gran fuerza: la eléctrica

Durante el siglo XIX, fue creciendo la necesidad de dedicar la producción de electricidad al alumbrado público. Además, se trató de conseguir que la corriente también fuera empleada para el funcionamiento de las máquinas mediante un motor eléctrico.

Las grandes estaciones generadoras que suministraban fuerza y luz a las fábricas eran una consecuencia lógica de esas nuevas necesidades, pero lo cierto es que el paso de la transmisión por correas y poleas al motor eléctrico llevó mucho tiempo.

Al mismo tiempo, Werner Siemens y Schuckert, que habían trabajado con Edison durante algún tiempo, intentaron en las últimas décadas del siglo XIX aplicar la electricidad a la tracción de tranvías y ferrocarriles. A finales del siglo, los tranvías eléctricos, que habían sustituido a los tirados por caballos, eran ya un espectáculo común en las ciudades, convirtiéndose en el principal medio de transporte hasta la aparición del autobús urbano.



Interés por los inventos

El paso a la sociedad industrial hizo que el interés del ser humano se centrara en mayor medida en los sucesos puramente cotidianos.

Los investigadores y constructores describieron sus excitantes experiencias científicas y el desarrollo de las construcciones técnicas que inventaban, en notas en los periódicos y revistas que el público fascinado recibía con interés.

A principios de noviembre del año 1801, los diarios dieron la noticia de que mediante el empleo de una columna voltaica podía restituirse la capacidad de audición de un sordo. Un habitante de este lugar, padre de un joven sordomudo, que sabía que yo tenía una columna de este tipo y que había realizado diversos experimentos con ella. A fin de estudiar sus efectos químicos, me pidió con insistencia que intentara probar con su desdichado hijo a fin de curarle la sordera. Finalmente accedí, dejando que la corriente generada por una columna de este tipo, formada por 70 placas dobles de metal, fluyese a través de las dos orejas tanto tiempo como puede aguantar, llegando a la conclusión de que esto, que a mí no me produjo ningún dolor o daño, podía emplearse como medio para lograr que una persona pudiese llegar a oír. Lo probé y salió bien. A los 14 días, desde el 15 de noviembre del presente año, este sordo oyó. Sin que yo hiciese nada para ello, el hecho se extendió por muchos sitios, con la consecuencia de que pronto me vi rodeado de sordomudos y personas con dificultades de audición que esperaban ansiosos recibir ayuda con el empleo de mi sistema.

COMENTARIO

Los medios de comunicación informaran también de forma muy extensa acerca de los científicos e inventores. Así, un médico parisiense escribió un relato acerca del famoso químico Humphry Davy:

Por aquel tiempo, Davy era tan famoso que las personas de más alto rango y alcurnia luchaban por su compañía... Disponía de muy poco tiempo y de escasos recursos y los esfuerzos por ahorrar le llevaron en situaciones cómicas, haciendo que practicara las costumbres más extrañas. A causa de las prisas, a menudo se ponía ropa limpia sin haberse quitado la usada y se sabe que en alguna ocasión había llegado a llevar no menos de cinco camisas, una sobre otra, y cinco pares de calcetines. Sus amigos estaban sorprendidos por la velocidad con que su corpulencia aumentaba y disminuía.

A fin de animar a los innovadores, la Academia de Ciencias de Berlín estableció varios premios para la resolución de tareas tales como: “¿Actúa la electricidad sobre sustancias que fermentan, y en tal caso, cómo? ¿Favorece o entorpece la electricidad los productos derivados de la fermentación? ¿Cómo podría completarse mediante el empleo de la materia eléctrica el arte de la obtención del vino, la cerveza y el vinagre, así como la destilación del alcohol? Premio: una medalla de oro de 50 ducados de valor.”

Inventos para la vida cotidiana

Dos años después de que el británico Richard aplicase una máquina de vapor de alta presión a un automóvil, circulan por Londres gran número de taxis a vapor.

Hasta mediados del Siglo XIX, el fabricante inglés Wise logra hacer por vez primera este tipo de plumas de gran calidad y que tantas ventajas presentan respecto de las otras plumas aún utilizadas.

El francés J. Chr. L. Chancel inventa los fósforos de inmersión. Se trata de pequeños palillos de madera provistos en uno de sus extremos de una mezcla de azufre y clorato de potasio, revestida de goma o azúcar. Si se sumerge este extremo en ácido sulfúrico concentrado, el clorato potásico entra en ignición. De este modo, el azufre se enciende y hace que arda la madera.

También por esos años, el cocinero parisiense François Appert inventa un procedimiento que permite conservar alimentos que se estropean con facilidad. Para ello, los calienta hasta que alcanzan la temperatura de 100 °C, introduciéndolos de manera inmediata en recipientes estancos. Este procedimiento de “appertización” constituye la base de los procedimientos empleados por la industria conservera de épocas posteriores.

La Segunda Revolución Industrial: la era de la electricidad

En las dos décadas finales del siglo XIX comenzó una profunda transformación en el proceso de industrialización, denominada Segunda Revolución Industrial. En el campo de la energía, esta nueva etapa se caracterizó por el dominio de la electricidad, cuya aplicación provocó cambios revolucionarios, tanto en la organización interna de las fábricas como en la ubicación y concentración de las industrias.

El petróleo y sus derivados, utilizados en la generación de la electricidad y como combustibles del motor de explosión, fueron su complemento fundamental. La turbina y el motor eléctrico constituyeron invenciones clave de ese período.

La era de la electricidad aportó el empleo de materiales propios: nuevas aleaciones, materias térreas, metales más livianos (entre los que destaca el aluminio), al tiempo que se crean múltiples compuestos sintéticos: caucho, celuloide, baquelita, resinas sintéticas...



En este período, la ciencia y la tecnología conquistan definitivamente un papel dominante en la industria, dejando de ser actividades privadas, desarrolladas en los pequeños laboratorios del científico o inventor aislado, para convertirse en una ciencia industrial, realizada esencialmente en los laboratorios de investigación de las grandes empresas, por equipos de científicos e ingenieros y con grandes inversiones.

La electricidad y la economía

John Bernal da la clave para entender el auge de la electricidad:

“La electricidad solo empezó a desarrollarse en el momento en que pudo ofrecer una serie de ventajas económicas; no antes. La empresa capitalista no tenía por costumbre efectuar sus provisiones a más de un año de vista, poca más o menos, tampoco hubiera sido posible encontrar capital suficiente para alimentar estas provisiones durante varios años sin la obtención de un beneficio.”

“¿Qué es lo que motivó su revalorización económica en 1881? En esencia, la eliminación del obstáculo que suponía la existencia de un limitado mercado. Una vez consolidada la demanda de corriente a un precio ventajoso, ya nada impidió la construcción y mejoramiento de los aparatos generadores ni la obtención de más corriente a precios inferiores, lo que dio lugar a un auténtico auge de la electricidad.”

Las nuevas formas de energía

La electricidad tiene muchas ventajas: puede generarse a partir de diversas fuentes (combustibles fósiles, energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica, de las mareas). Por otra parte, es convertible en varios usos: trabajo mecánico (motor), alumbrado (lámpara), calefacción (radiador), exploración y penetración (rayos X y ultravioleta).

El motor eléctrico fue obra del croata N. Tesla y su impacto en la industria fue enorme, pues permitió, entre otras cosas, suprimir las largas correas de transmisión movidas por las máquinas de vapor e individualizar los procesos y ritmos de cada sección de la fábrica.

El motor, además, permitió generar potencias en una gama ilimitada, desde los miles de caballos de vapor de los trenes de laminación de las acerías a la escasa potencia de los motores de las máquinas de afeitar.

En apenas un siglo, la electricidad había superado plenamente las posibilidades de la energía del vapor, y el progreso tecnológico dio pasos más espectaculares aún que aquellos que había

implicado la aplicación industrial de la máquina de vapor.

*No ha pasado mucho tiempo desde que se designaba a nuestra época como el “siglo del vapor” y con razón por cuanto la máquina de vapor ha sido la principal protagonista de la transformación de las industrias y las comunicaciones modernas...
... Pero apenas ha madurado el esclavo de vapor cuando ya se presenta al servicio de la humanidad un joven gigante que parece estar dispuesto a trabajar en plena concordia con su hermano vapor para sus amos, pero en realidad tiende a superarlo... este joven gigante es la electricidad.*



El automóvil, ¿alemán, francés o norteamericano?

Los grandes esfuerzos para utilizar la fuerza del vapor como fuente de energía para impulsar vehículos no dio resultado; tampoco los intentos de hacerlo en aquella época con la energía eléctrica. Esto se alcanzaría con el motor de combustión interna, que acabó imponiéndose por su velocidad, potencia y liviandad.

El primer motor de ese tipo fue construido en 1876, por el ingeniero alemán Otto Rudolf Diesel, quien ideó en 1897 un motor alimentado por un combustible más pesado y menos inflamable que la gasolina, que se encendía por compresión. El motor Diesel mostró su utilidad en los vehículos de transporte pesado (camiones, autobuses, locomotoras, barcos).

Aunque los inventores del motor de combustión interna fueron sobre todo alemanes, el coche ligero y popular fue desarrollado originariamente por los franceses (lo que explica la abundancia de términos de origen francés, como “automobile”, “chasis”, “chauffeur”, “garage”).

Pero el liderazgo del sector pasó rápidamente a Estados Unidos, cuyas condiciones eran favorables para ello: elevado nivel de vida, numerosa población y abundante combustible. El nombre más destacado de esta verdadera revolución del automóvil fue Henry Ford. Su inteligente visión le llevó a idear, en 1913, la **cadena de montaje**, capaz de producir coches para un amplio mercado y a un precio accesible.

Una crítica contemporánea

El francés Jaques Ellul, crítico del tecnicismo, escribe en su libro **The technological Bluff**, un capítulo dedicado al automóvil.

Ellul piensa que el automóvil, símbolo de la técnica, también lo es del vaciamiento contemporáneo de la realidad y la verdad social. Combina, como tal, utilidad y futilidad, evasión y fatalidad. Producto del feliz matrimonio de la ciencia con el deseo, nada puede parar su despliegue en el mundo.

En los países más desarrollados, el 93 por ciento de las clases media y superior y el 84 por ciento de las familias trabajadoras compran uno nuevo cada año. No es cierto que los inconvenientes para transitar y estacionarse estén implementando una desmotorización; esta no existe sino en la ilusión de los ecologistas. Los autos continúan modelando el espacio social y es enorme la fuerza de los lobbies que los fomentan, ni siquiera las autoridades, rebasadas por cada vez más demandas de nuevos espacios para el desplazamiento y hábitat de los automóviles.

Transporte privado y transporte público

El transporte público, incomparablemente mejor, como en el caso de los subterráneos, paraliza su crecimiento y pierde la batalla...

La gran palabra que justifica todo es “libertad”. El auto nos hace sentir libres. Para escapar de casa, del vecino, de la urbe; pero también de nosotros mismos. Esta realidad tan deseada,

sobre todo por la clase media, es soledad y es aislamiento. Pero también es enajenación. Nos saca de nosotros mismos y muchas veces nos convierte en seres iracundos con un tigre en el tanque.

El discurso tecnológico del capitalismo desarrollado nos dice que el auto es un instrumento de libertad. Podemos elegir nuestro propio auto. Podemos elegir el momento de pagar la patente o de sacar el carnet, o de pagar la multa. Podemos elegir la estación de servicio y el mecánico y la compañía de seguros. Cualquiera de los tramos del sistema a los que nos sometemos cuando decidimos renunciar a nuestras dos piernas y al transporte público para tener auto es parecer casi totalmente libre.

El automóvil: discurso tecnológico y modelo social

El discurso tecnológico del liberalismo nos expresa que la velocidad es nuestro acceso al paraíso. Un automóvil, que nos puede llevar a lugares lejanos, es nuestra libertad. Inútil y superfluo, nos calma a veces los nervios porque con él no nos miramos a nosotros mismos, ni nos encontramos con nuestros vecinos. Muchas veces pagamos por esta diversión con nuestras vidas. De hecho, una cantidad de semejantes los hace. Según expresa Ellul, 1000 personas perecen cada año en las rutas francesas.

En rigor, si sólo tuviéramos una pequeña conciencia y libertad recusaríamos al automóvil, concluye Ellul. Pero tomar nota del daño moral hecho por este progreso es empezar a poner en cuestión los propios fundamentos de nuestra sociedad y apresurar la transición hacia un modelo diferente de vida social. En nuestra sociedad, proteger la velocidad de los autos es más importante que salvar gente.

El primer ejercicio mínimo de libertad sería hacer del auto un accesorio secundario que solo se usa para circunstancias excepcionales.

Fabricación en cadena

El sistema de “trabajo en cadena”, de Ford, fue rápidamente adoptado en todas las ramas industriales, especialmente en la producción automovilística. En muchos países, los vehículos que se producen desde el final de la Segunda Guerra Mundial ya no son un lujo, aunque continúan siendo un índice de prestigio social en nuestra sociedad de consumo.

La generalización del automóvil es un hecho y, además, ha contribuido al desarrollo de las carreteras, a la mecanización del agro y al nacimiento de muchas pequeñas industrias auxiliares. En contrapartida, ha dado origen a muchos problemas de tránsito y contaminación atmosférica, para los que aun no se ha encontrado solución satisfactoria.

Un teléfono, dos inventores

En 1874, y de manera independiente uno del otro, los estadounidenses Elisha Gray, y el fisiólogo Alexander Graham Bell (originario de Escocia) presentan sendas patentes referidas a un nuevo teléfono.

Bell desarrolla el emisor y el receptor basándose en el uso de membranas que oscilan frente a un imán de acero envuelto en bobinas de alambre. Esta disposición no solo es de gran sencillez sino que, además, elimina la necesidad de disponer en el receptor y en el emisor sendas baterías.

Como informa el propio Bell, los primeros intentos fueron un auténtico fracaso. Solo después de muchas experiencias pudo determinar las masas oscilantes adecuadas, obteniendo así el efecto deseado. El 2 de junio de 1875 logró transmitir por primera vez los sonidos por medios eléctricos. Nueve meses más tarde, y después de haber presentado la correspondiente patente, la introducción de ciertas mejoras permiten por primera vez transmitir la voz humana.

La aeronáutica, un sueño cumplido

El deseo humano de volar es tan antiguo como su propia historia, y no faltaron los incentivos a inventores e investigadores para conseguirlo; pero los problemas técnicos del vuelo eran de tal magnitud que su solución solo pudo ser el resultado de siglos y siglos de experimentos en el campo de la mecánica y de los estudios científicos relativos a las condiciones del sostenimiento en el aire.

Los precedentes más inmediatos de la aeronáutica fueron los aeróstatos y los dirigibles. El retraso en la aparición del primer aeroplano se debió a la falta de una unidad propulsora adecuada; esta se encontró con el motor de combustión interna.

La Society of Manufacturers and Traders y el Aero Club organizan en Londres la primera exposición aérea en marzo del 1910. Además, en ese mismo año tiene lugar en París otra exposición dedicada a la aviación, organizada por la sociedad Locomotion Aérienne. En ambas exposiciones puede apreciarse el gran progreso del desarrollo de la aviación desde que los estadounidenses Orville Wright y su hermano Wilbur llevaron a cabo con éxito el primer vuelo a bordo de un aparato impulsado por un motor, el Flyer 1, que ellos mismos construyeron.

La aviación y el escepticismo sobre lo tecnológico

A lo largo del siglo XIX se construyeron en Europa varias “máquinas de volar”, pero la ausencia de una fuente de energía de mayor potencia que la máquina de vapor condenó casi todos estos intentos al fracaso.

En la década de los 90, los hermanos Lilienthal lograron efectuar unos cuantos vuelos cortos en “planeadores”, que terminaron en un accidente fatal en 1896. En los Estados Unidos, el ingeniero y arquitecto Samuel Langley hizo un intento para conseguir una máquina que volara; entre 1897 y 1903 gastó alrededor de cincuenta mil dólares (entonces una suma enorme) en tres ensayos, sin resultados positivos. Después del último de ellos, el New York Times comentó en su editorial del 10 de diciembre: *“Esperamos que el profesor Langley deje de arriesgar su reputación científica, de perder el tiempo y de derrochar dinero en experimentos con máquinas para volar. La vida es muy corta, y seguramente el profesor Langley es capaz de prestar a la humanidad servicios mucho más importantes que el intento de volar... Para estudiosos e investigadores “del tipo Langley” hay empleos mucho más útiles”*. Y a continuación, se pronosticaba que el hombre no podría volar “ni hasta pasados mil años”.

Exactamente siete días después de publicada esta visionaria profecía, en la mañana del 17 de diciembre de 1903, dos inventores “del tipo Langley”, los hermanos Orville y Wilbur Wright, con un biplano casero efectuaban el primer vuelo completo de la historia.

Desarrollo de la aviación

La Primera Guerra Mundial tuvo una influencia decisiva en el desarrollo de la aviación; pronto se comprendió su importancia militar, primero como elemento de observación y, rápidamente, de combate. En los años inmediatos a la Segunda Guerra Mundial se desarrolló el motor a reacción, que estaba destinado a revolucionar la aeronáutica.

Los experimentos con aviones a reacción se remontan a los años veinte, pero su necesidad no se hace sentir hasta los tiempos de la Segunda Guerra Mundial. Ya en 1931, un avión alemán tipo "Heinkel", dotado de motores a reacción, superó con éxito las pruebas, pero sus primeras unidades operacionales no entraron en acción sino hacia el final del conflicto.

El principio en que se basa el motor a reacción es muy simple. El motor toma el aire por delante, lo comprime en su interior dentro de un compresor, lo mezcla con el carburante, el Kerosene, y quema esta mezcla. El gas quemado, luego de haber atravesado una turbina que sirve para hacer girar el compresor, es descargado por detrás, y el empuje que ejerce provoca el movimiento del avión hacia delante, por el principio de acción y reacción.

Sueños y utopías de la humanidad se hacen realidad

En los albores del siglo XX reaparecen los sueños y utopías humanas de miles de años de antigüedad, convirtiéndose en realidad. El ser humano se liberó del limitado pensamiento mecánico clásico, comenzando a derribar las barreras del espacio y del tiempo. Además, descubrió fenómenos que sus cinco sentidos no le habrían permitido nunca abordar de manera directa.

Los científicos han demostrado hace tiempo, de forma concluyente, que esos móviles perpetuos no pueden existir en la realidad. Pero sin duda, los límites de lo realizable se han ampliado. Se consideraba antiguamente como imposible aquello que no podía realizarse técnicamente. Ahora, es la teoría la que impone los límites. El hecho de que en un determinado momento no se disponga de la capacidad técnica necesaria para resolver un problema, no significa en modo alguno que su solución sea utópica. En este caso, lo que hay que hacer es trabajar con más intensidad para desarrollar los mecanismos adecuados.

COMENTARIO

Ciencia y tecnología en la Segunda Revolución Industrial

Si la Primera Revolución Industrial fue la era de la inventiva mecánica individual, la Segunda Revolución Industrial se constituye en la era de la investigación científica planificada. Se afirmó la idea del poder de la ciencia y la tecnología como agentes de transformación social y, en consecuencia, la investigación se comienza a planificar, en lugar de quedar sujeta a los cambios de las fuerzas económicas o al esfuerzo individual solitario.

A fines del siglo XIX aparecen los primeros laboratorios de investigación industrial. El primero surge en Alemania (1870-1880), en la industria de los colorantes sintéticos; en 1876 se creó el laboratorio de Edison, en la industria eléctrica.

COMENTARIO

La creación de sectores para la investigación fue seguida por todas las grandes empresas. El gran costo de la investigación hizo que los laboratorios se ubicasen fuera del alcance de los innovadores individuales, por lo que la investigación dependía de las altas finanzas y de los gobiernos. En este período, un rasgo nuevo de la ciencia y la tecnología consistió en hacer más breve el plazo transcurrido entre el descubrimiento científico y su aplicación tecnológica. Por ejemplo, la bomba atómica fue construida en 1945, apenas siete años después de haberse logrado la fisión nuclear, su fundamento científico.

Los hallazgos de la física moderna y sus aplicaciones técnicas

Para que fueran posibles invenciones tales como la energía atómica, la televisión y otros productos de la electrónica y de la energía nuclear fue necesaria una revolución en la física.

Evolución de la física a caminos del siglo XX y sus aplicaciones tecnológicas

Los pilares de dicha revolución fueron la **teoría cuántica** de Planck (1900), la **teoría de la relatividad** de Einstein, la teoría **atómica** de Rutherford y Bohr y la nueva **teoría cuántica** (1925). Estas teorías físicas se tradujeron en un gran número de aplicaciones tecnológicas. De ellas, la más trascendental sería la fisión nuclear, origen de la bomba atómica y de las centrales generadoras de energía nuclear.

La química del siglo XX: los nuevos materiales

Impulsada por los nuevos conocimientos sobre la estructura del átomo, la industria química sufrió una gran transformación. Así, la química moderna ha producido un gran número de nuevos materiales, entre los que se destacan los plásticos, el caucho sintético, las fibras artificiales, numerosos productos farmacéuticos y una amplia gama de insecticidas, herbicidas y fungicidas sintéticos.

Dentro del campo de la moderna bioquímica, la innovación más conocida fue la de la penicilina, descubierta por Fleming en 1928. Ese producto desempeñó una función fundamental en el combate contra las infecciones, iniciándose de esta forma la revolución médica del siglo XX, que se apoya en dos productos fundamentales: los antibióticos y la quimioterapia.

En el año 1938 la empresa americana Du Pont de Nemours crea un procedimiento que permite con facilidad la obtención industrial de nylon.

A pesar de que en un principio el nylon se crea para la obtención de fibras textiles, pronto se emplea para la fabricación de piezas de plástico macizas, para la elaboración de cojinetes, bisagras, juntas o ruedas dentadas.



En las comunicaciones: la gran revolución

Los primeros cincuenta años del siglo XX conocieron una nueva revolución de las comunicaciones, más profunda, incluso, que la impulsada por el telégrafo y el teléfono. Sus protagonistas fueron la radio y la televisión, además de la fotografía y la cinematografía.

La radio fue una invención surgida de la ciencia del siglo XIX; la televisión, por el contrario, fue una invención surgida de la física moderna.

La radio, una nueva forma de comunicar

La base científica de la radio fueron las investigaciones de Maxwell y Hertz sobre las ondas electromagnéticas.

Se atribuye la invención de la radio al italiano Marconi que, ignorando las tesis de los científicos que sostenían la imposibilidad de enviar ondas electromagnéticas a grandes distancias, logró en 1901 enviar señales desde Inglaterra a Terranova, a 4.000 kilómetros de distancia.

Las ondas, llamadas primero "**hertzianas**" y después "**de radio**", no se habían comportado como rayos de la luz, sino que se habían curvado según la propia curvatura de la Tierra y, además, superando una distancia de más de 4000 kilómetros. Este fenómeno implicaba la existencia de una especie de "espejo" (la ionosfera) que refleja las ondas de radio y las devuelve a la Tierra.

La primera estación radiofónica inició sus emisiones en los Estados Unidos en el año 1920. Harry P. Davis, vicepresidente de la empresa Westinghouse y apasionado radioaficionado se percató de las posibilidades que ofrecía la radio como medio de comunicación de masas.



La televisión

Es un invento derivado de los rayos catódicos. El desarrollo de la televisión fue lento, pues sus principios ya se establecieron en 1911; el retraso hasta del década de los treinta, en que funcionó de modo experimental, hay que atribuirlo no a las dificultades técnicas, sino al escaso interés comercial de las empresas eléctricas, volcadas entonces a la explotación comercial de la radio.

Así J. L. Baird transmite, por primera vez, el 8 de febrero de 1928 una imagen de televisión que atraviesa el Atlántico, desde Londres a Nueva York.

Baird realiza sus intentos con la idea de atraer al público ya que, de lo contrario, no sería posible financiarlos. En octubre de 1925 logra transmitir un rostro humano a través de la televisión, encargo que recibe del propietario de unas grandes tiendas.

En 1927, un equipo de la compañía estadounidense Bell Telephone, dirigido por H. Ives y F. Gray, inventa y presenta un sistema electromecánico de televisión. Ives transmite imágenes del zapateo de una bailarina, haciéndolas llegar hasta un rascacielos de Nueva York valiéndose de una línea telefónica.



La evolución de la televisión

El principal desarrollo de la televisión lo realizó un ingeniero electrónico ruso llamado Vladimir Zworykin, que nació en 1889 y murió en 1982. Emigrado a Estados Unidos, luego de la primera guerra mundial, creó primero, trabajando para Whestinghouse en 1924, el "iconoscopio" (el emisor), y luego, con la RCA, perfeccionó el "Kinetoscopio" (el receptor).

Le llovieron honores académicos por este invento y numerosas contribuciones más durante su larga vida; por ejemplo, la National Medal of Science por sus estímulos a la aplicación de la ingeniería en la medicina. Pero Zworykin no murió contento.

La tecnología y el aislamiento

Es cierto que los dispositivos contemporáneos aíslan a los seres humanos. Como tantos objetos generados por la tecnología,—piénsese en el automóvil o el "walkman" que usan los adolescentes— la televisión aísla aún dentro de la familia. Parece como si la técnica que comenzó con la cooperación de los hombres en los tiempos de la Revolución Neolítica, es hoy una fuente de aislamiento de las personas.

El propio Heidegger, un filósofo de pensamiento antitecnológico, expresó que la gente que está "en contra" de la tecnología es inauténtica, no tiene una visión inteligente de la historia, pues la tecnología es parte de nosotros y de nuestro destino; no podemos vivir sin ella, en un cierto sentido es nuestro ser. Lo que somos como seres humanos representa en parte lo que somos mediante la tecnología.

La revolución científica y tecnológica actual de nuestros días.

Después de la Segunda Guerra Mundial, el desarrollo tecnológico e industrial entra en una nueva fase: esta tercera revolución ha recibido muchas caracterizaciones: era digital, era espacial, era biotecnológica y, sobre todo, era informática.



Todas estas denominaciones expresan un aspecto destacado de la revolución científico-tecnológica que están configurando, de manera irreversible, las sociedades contemporáneas más avanzadas.

La energía atómica

En el campo de la energía, la novedad más relevante ha sido la utilización de la energía atómica desde los años '50 para fines comerciales, después de ser utilizada como instrumento bélico en la Segunda Guerra Mundial. Así, en 1954, la Unión Soviética construyó y puso en funcionamiento el primer reactor nuclear para la producción de energía eléctrica; en 1956, en el Reino Unido se inauguró la central de Calder Hall; Estados Unidos los hizo dos años más tarde, y en algo más de una década, doce países contaron con centrales nucleares de producción eléctrica.

Sin duda, la utilización de una **reacción nuclear** (en la que los neutrones son desacelerados para lograr su velocidad óptima) a fin de generar el vapor que mueve las turbinas, ofrecía indudables ventajas económicas.

Una revolución permanente

La Primera Guerra Mundial estimuló un gran desarrollo de dominios tales como la aviación, las telecomunicaciones y la industria química (síntesis del amoníaco, producción de gas venenoso, etc.).

Durante la Segunda Guerra Mundial la situación fue muy distinta. Este conflicto no solo supuso un desafío para las capacidades técnicas de las empresas y de sus ingenieros, sino también para las investigaciones básicas de carácter científico.

Con gran visión del futuro, los militares indagaron anticipadamente, durante los años '30, el amplio espectro de intereses científicos, y ejercieron, mediante la financiación de proyectos y otras medidas de estímulo, una gran presión respecto a los trabajos cuyos fines les interesaban.



Sin embargo, los nuevos desafíos planteados a la investigación y la técnica perduraron hasta después de la Segunda Guerra Mundial. Muy pocos científicos recuperaron, después de 1945, el camino de la investigación básica sin preocuparse de su posible aplicación.

Si bien los puntos de vista se fueron modificando, la euforia científica de los primeros años del siglo XX, que miraba decididamente hacia el futuro, desapareció.

Militarismo y tecnología

A partir de esa época, la ciencia y la técnica fueron determinadas por las demandas militares. Desde principios de los '40, se impusieron necesidades militares que impulsaron la aparición

de una investigación básica ligada al campo militar, así como a la creación de una industria armamentista que, hasta hoy y en todas las naciones industrializadas (principalmente en los EEUU), consume gran parte de los presupuestos dedicados a la investigación.

Incluso las metas científico-técnicas previas al estallido de la guerra –en especial en la física atómica y la exploración del espacio- se convirtieron en una fuente de tensiones internacionales.

Antes de finalizar la guerra, las investigaciones nucleares, llevadas a cabo con fines puramente científicos, no solo habían dado lugar a la aparición del primer reactor nuclear, sino que habían permitido la construcción de la primera bomba atómica.



COMENTARIO

El desarrollo creciente de dicha tecnología, hasta alcanzar el llamado “potencial de superdestrucción”, del que disponen en la actualidad las grandes potencias, es ampliamente conocido. Los mismos hombres que bautizaban en Berlín los primeros cohetes con nombres poéticos como el de “Señora Luna”, fueron los creadores, durante la guerra, de armas teledirigidas como las bombas volantes V-2.

Las técnicas electrónicas de control y regulación se aplicaron también al gobierno a distancia y a la auto dirección de torpedos y misiles intercontinentales equipados con cabezas nucleares.



COMENTARIO

El final del siglo, en un chip...

Los grandes avances en la técnica de los semiconductores, posteriores a 1957, siguieron el mismo camino, en la microelectrónica y en la técnica láser. Por su parte, la ciencia de los materiales se concentró en el desarrollo de plásticos altamente resistentes, aleaciones metálicas de múltiples propiedades, vidrios y cerámicas de tipo completamente novedoso.

En el marco de los proyectos de tecnología militar se han desarrollado las instalaciones informáticas más avanzadas y rápidas conocidas hasta ahora. Un producto de esta investigación y desarrollo, vinculado a objetivos de carácter militar, es la **microelectrónica**, que ha permitido construir tanto las memorias magnéticas de gran capacidad como ordenadores programables mediante un único chip.

Si se preguntara a personas con especial formación, acerca de los logros más importantes en la ciencia y la tecnología de la segunda mitad del siglo XX, probablemente mencionarían la informática (con todos sus niveles), la televisión en color, los viajes espaciales o el motor a reacción. En todos estos avances, lo científico es inseparable de lo tecnológico. Y, en definitiva, ciencia y tecnología han acabado siendo dos caras de la misma moneda.

La biotecnología, la nueva estrella...

La segunda mitad del siglo XX estuvo dominada por las ciencias biomédicas, cuya estrella es la **biotecnología**. Puede definirse la biotecnología como *cualquier técnica que utiliza organismos vivos para crear o modificar productos, mejorar vegetales o animales o desarrollar microorganismos para fines específicos*.

En 1973, Cohen y Boyer iniciaron el camino de la ingeniería genética; por primera vez se pasó del conocimiento de la química fundamental de la molécula de ADN a su modificación.

La biotecnología posee posibilidades de aplicación ilimitadas:

- a) en agricultura (producción de vegetales genéticamente manipulados, más productivos, de mejor calidad o más resistentes a las plagas);
- b) en ganadería (animales transgénicos, adaptados a nuevos hábitats, productores de carne de mejor calidad, etc).

*Las primeras aplicaciones de la biotecnología comenzaron hace unos tres mil años, cuando se fabricaron la cerveza, el pan de levadura, el queso, la cuajada, etc.
En el siglo XIX, la gran figura fundadora de este dominio tecnológico fue, sin duda alguna, el gran Luis Pasteur.*



La Biotecnología, nuevos problemas éticos

En lo referente a los seres humanos, la biogenética provoca numerosas esperanzas y temores. En este sentido, hacia el 2000 culminó el proyecto “genoma humano”, cuyo objetivo principal permitió identificar los genes existentes en cada uno de sus cromosomas. De este modo, se obtuvo un mapa de cada cromosoma. Una vez descubiertos dichos genes en la secuencia del ADN, se podrán desarrollar instrumentos para utilizar esa información en el ámbito de la biología humana y de la medicina.

En este sentido, la biotecnología y sus posibles aplicaciones a los seres humanos implica un sinnúmero de problemas y debates de carácter ético, social y legal.

Las posibilidades de manipular la información genética de un organismo tiene, asimismo, una gran importancia económica, sobre todo para la industria farmacéutica y para la mejora de razas de cría y de cultivo.



La exploración del espacio

La exploración del espacio constituyó una de las grandes hazañas científico-tecnológicas de nuestro tiempo. En los ‘30, sus primeros logros fueron los de alemanes, encabezados por W. Von Braun, que más tarde tendría un papel relevante en el desarrollo espacial de EEUU.

El equipo dirigido por Von Braun, consiguió en 1942 el primer lanzamiento de una bomba volante “V2”, lo que suponía la resolución de un gran número de problemas: forma aerodinámica, materiales óptimos, combustibles eficaces, etc. Las V2 fueron lanzadas sobre Londres en 1944 y 1945 y, como arma de terror, su impacto fue enorme.



Después de la Segunda Guerra Mundial, los cohetes interesaron solo como armas. Pero a fines de los ‘50, la URSS inició la carrera espacial. Así, en 1957 lanzaron el “Sputnik”, satélite del tamaño de un balón que giró alrededor de nuestro planeta. El viaje de Gagarin, el primer astronauta soviético en 1961, permitió entender que los seres humanos podían resistir los esfuerzos del despegue y del aterrizaje, así como la ausencia de gravedad.

Los éxitos soviéticos despertaron a los norteamericanos, que crearon la NASA, e iniciaron una serie de ensayos espaciales que tuvieron su primer éxito en 1969 con la llegada de Armstrong a la Luna. Posteriormente han continuado los ensayos, enviándose sondas a diversos planetas del sistema solar, fomentándose –incluso– la colaboración internacional.

La carrera espacial ha tenido aplicaciones de gran valor: satélites artificiales meteorológicos,

orientadores de la navegación y para las comunicaciones, lo que permitió la ampliación de las comunicaciones telefónicas, televisivas e informáticas.

La primera calculadora electrónica

Hacia 1945, en la universidad de Pennsylvania entró en funcionamiento la primera instalación electrónica de cálculo de grandes dimensiones del mundo. Se trató del ENIAC (abreviatura de la expresión inglesa Electronic Numerical Integrator and Computer), construido por John Eckert y John Mauchly. Fueron necesarios dos años para conseguir que todos sus elementos funcionasen sin problemas. Este ordenador de grandes dimensiones estaba construido con válvulas y era capaz de calcular a una velocidad 2000 veces superior a la de un ordenador construido mediante el empleo de relés electromecánicos.

El ENIAC ocupaba una superficie de 140 m², poseía más de 18.000 válvulas y 1.500 relés y consumía una potencia de 150 kilovatios.

Empleo masivo de los ordenadores

Las nuevas instalaciones electrónicas para el tratamiento de la información hicieron que la opinión pública tomase conciencia de las grandes posibilidades que ofrecía la aplicación de los ordenadores.

Estos ordenadores permitieron, desde entonces, un mejor aprovechamiento de la capacidad de las calles y adaptarlas al flujo automotriz, lo que redujo el número de embotellamientos.



En Berlín entró en servicio el primer ordenador europeo que tenía como función la regulación del tráfico del interior de las ciudades.

Asimismo en las elecciones, los ordenadores consiguieron acelerar en gran medida el recuento de los votos y permitieron la realización de encuestas, lo que dio lugar a estimaciones de las tendencias de los votantes.

Ordenadores y seres humanos

La automatización de los medios está provocando una disminución de las tareas especializadas, tal es el caso, por ejemplo, de las técnicas de conducción de un coche o las de hacer fotografías, en las que se necesitaban un mínimo de técnicas específicas. Actualmente, la automatización y la racionalización de los objetos técnicos no necesitan que la persona conozca una técnica especializada.

Para un grupo de pensadores en la cibernética, los sistemas automatizados, como construcciones lógico-matemáticas, ofrecen, y hasta imponen, al ser humano el modelo de sus conductas, cada vez más inteligentes. Al mismo tiempo, las mentes humanas dirigidas unidimensionalmente se vuelven cada vez más acibernéticas, es decir, poco abiertas a interconexiones pluridimensionales.

Se puede ser un ignorante completo en el mecanismo de los coches o en el arte fotográfico para que ello no impida conducir un vehículo o hacer buenas fotografías.



¿Quién es más inteligente?

El cibernético a que tienden los constructores de automatismos y de robots hace que Ellul, con cierto estilo darwiniano, exclame que “la Técnica persiga su propio rumbo de un modo cada vez más independiente del hombre”. Esto significa que el hombre participa cada vez menos activamente en la creación técnica, la cual mediante una combinación automática de elementos anteriores se convierte en una especie de destino. La Técnica evoluciona con una rapidez desconcertante para el hombre de la calle y también, incluso, para el técnico.

CAPÍTULO III - LAS MÁQUINAS

Las máquinas, en el amanecer de la historia

Benjamín Franklin, el gran estadista y científico norteamericano decía que el ser humano es un animal que fabrica utensilios. Según expresaba, esta característica es lo que le distingue de los demás animales. El estudio de la cultura humana, en el aspecto material y espiritual, es un tema fascinante, tanto más si empleamos como punto de partida la dialéctica combinación del Homo faber Franklin y el Homo sapiens de Linneo –el hombre fabricante y el hombre pensante– y la seguimos desde su origen, hace quizás un millón de años. Las líneas de desarrollo que se extienden desde entonces hasta nuestros días, con la producción de máquinas de diversos tipos nunca han sido lineales y simples, sino que se han ramificado en asombrosas desviaciones. Otro factor de confusión es el gran número de ideas y de inventos infecundos por haber nacido antes de tiempo.

La enorme cantidad de máquinas actuales tienen su origen en los utensilios creados en el alba de la historia de la cultura por el Homo Sapiens Faber, nuestro antepasado pensante y fabricante.



¿Qué es una máquina?

Por supuesto, el llamar **máquinas** a los utensilios que utilizaban los hombre primitivos plantea problemas de definición. El único motor primario (una máquina capaz de generar, o más bien transformar energía) era su fuerza muscular. Sus instrumentos pueden considerarse como una ampliación de dicha fuerza.

¿Qué es, entonces, una máquina? Una definición que se cita con frecuencia es la del ingeniero alemán Franz Reuleaux (1829-1905): “Una máquina es una combinación de cuerpos sólidos, dispuestos de modo que encaucen las fuerzas mecánicas de la naturaleza para realizar un trabajo como resultado de ciertos movimientos determinantes”.

Las cinco grandes

“Las cinco grandes”, es como los pensadores de la antigüedad llamaban a las cinco máquinas simples: el plano inclinado, la cuña, el tornillo, la palanca y la rueda. Las tres primeras están estrechamente relacionadas entre sí, lo mismo que la rueda y la palanca. Con la excepción de la rueda, las otras “cuatro grandes” eran probablemente conocidas desde el Paleolítico. La palanca debió ser uno de los primeros instrumentos empleados por el Homo Sapiens Faber. Pero la rueda tiene una historia muy especial y propia.

La rueda puede considerarse como un aparato (por ejemplo, la rueda del carro, es decir, en un medio de transporte) o como componente mecánico (en aquel período, en forma principalmente de rueda dentada).



Es muy habitual decir que nuestra civilización moderna no existiría si no existiesen estos dos tipos de ruedas. Hablando de manera literal, la rueda es lo que hace rodar nuestra sociedad. Es cierto que se la puede sustituir por otros elementos y componentes, pero la rueda es el núcleo mismo de la era de la máquina.

La rueda

El descubrimiento de una aplicación práctica para la rueda fue un enorme paso adelante para la humanidad en términos técnicos, económicos y sociales. Pero se ignora cuándo y dónde tuvo lugar. La mayoría de los historiadores dejan abierta la cuestión.

El historiador Charles Singer ha descubierto dibujos de un trineo y un carro de cuatro ruedas en una pictografía sumeria encontrada en unas excavaciones de Mesopotamia, correspondiente aproximadamente al 3500 a.C.



Pero aunque esto no señale con exactitud el nacimiento de la rueda, no cabe duda de que la primera rueda apareció en esta región. Como prueba adicional, Singer cita un artefacto encontrado en una tumba del antiguo Reino Asirio. Se trata de un carrito de juguete con cuatro ruedas, del tercer milenio a.C.

Arquímedes, otra vez...

El primero que sistematizó las máquinas simples y expuso la teoría de su funcionamiento fue Arquímedes de Siracusa (287-212 a. de C.), indudablemente la principal figura tecnológica y científica de la cultura helénica de su tiempo. Probablemente fue él quien inventó la polea compuesta, un aparato para aumentar la fuerza de tracción, y también fue quien explicó la teoría de la palanca de uno y de dos brazos.

Arquímedes consideraba a la rueda como la figura circular descrita por el giro de una palanca de un brazo, y el tornillo como la analogía circular del plano inclinado.



Arquímedes fue un hombre muy notable que merece una mención destacada en el desarrollo de las máquinas. Fue uno de los ingenieros más brillantes de todos los tiempos. El historiador de la ciencia Sarton observa, irónicamente, que a los grandes ingenieros de cada época se los ha comparado siempre con Arquímedes, y considera insensato comparar los logros de cualquier persona con los del mayor genio de la antigüedad.

El mecanismo del tornillo

Fue Arquímedes el primero en escribir acerca del tornillo, que él consideraba como un plano inclinado arrollado sobre un cilindro, imagen que nos da una imagen muy expresiva para comprender ese mecanismo.

Recorta un triángulo de papel que represente el plano inclinado y envolvamos con él un cilindro (por ejemplo, un lápiz). El borde cortado oblicuamente va subiendo por la superficie lateral del cilindro, formando siempre un ángulo constante, ?. La línea así definida se llama hélice. Como es sencillo de observar, cuanto menor es el ángulo ?, tantas más vueltas del cilindro harán falta para alcanzar la misma altura.



En el caso de que el fileteado del tornillo conste de una sola hélice, esa distancia es igual a la distancia entre crestas adyacentes del filete, distancia conocida por **paso**.

Un análisis de los trenes de engranajes

Mucho es el camino recorrido desde los primitivos sistemas de espigas y vástagos de madera utilizados en tiempos precristianos, que aun podemos observar en viejos molinos harineros, hasta los engranajes plásticos y metálicos de las máquinas modernas, perfecta y precisamente mecanizados.

Los griegos de la era clásica, como Herón, en el año 60 D.C., sabían perfectamente cómo utilizar piñones engranados y describieron muchas formas de utilizar trenes de ruedas dentadas.

El mecanismo de Antiquitera: una sorpresa...

En 1990, unos pescadores de esponjas descubrieron por azar un barco antiguo que descansaba bajo el agua, cerca de la isla de Antiquitera (entre el Peloponeso y Creta). En su interior se hallaron ánforas, estatuas y objetos de todo tipo. Pocos meses después se descubrió que algunos de los fragmentos hallados contenían engranajes de bronce. Fueron varios los intentos de expertos encaminados a analizar y descifrar los hallazgos. Pero la primera síntesis satisfactoria, fue la del arqueólogo Solla Price, muchos años después.

Si se admite la autenticidad del mecanismo descubierto, se hará imprescindible una revisión completa de la mecánica antigua a fin de proceder a su reevaluación. La complejidad y finura de los engranajes descubiertos es muy superior a la que podíamos imaginar a partir de los documentos que disponíamos hasta ahora.

COMENTARIO

La existencia misma del instrumento nos permite conjeturar la existencia de una insospechada “relojería astronómica”. Parece sumamente probable que el mecanismo de Antiquitera se construyera en Roma hacia el año 87 a.C. y, sin la menor duda, se sitúa en la tradición de la esferopea creada por Arquímedes. Sin embargo, no se trata de un objeto esférico, sino de una representación mucho más “abstracta” (una representación plana) de los movimientos seguidos por la Luna, el Sol y el Zodíaco. Todo el problema consistía en hallar combinaciones de ruedas engranadas con un número definido de dientes para cada una, a fin de que pudieran ser reproducidos con exactitud los distintos ciclos astronómicos.

Leonardo y los engranajes

El genial Leonardo Da Vinci, a principios del siglo XVI, realizó elaborados bocetos que demuestran no solo que conocía los trenes de engranajes, sino que se dio cuenta perfectamente de la importancia que tenía la forma de los dientes de las ruedas dentadas para la transmisión del movimiento.

Los engranajes vienen a ser como dos cilindros provistos de resaltes, los dientes, que van insertándose unos entre otros al tiempo que las ruedas giran sobre los ejes, transmitiendo de uno a otro el movimiento de rotación. Cuando dos ruedas dentadas engranan como se muestra, la rueda seguidora gira siempre en sentido contrario al de la impulsora si el número de dientes es el dado, $t(AB) = -2$.

COMENTARIO

Relojes mecánicos

Hacia el 850, Pacífico, un sacerdote de Verona, es el primero que construye relojes de engranajes. El empleo de la rueda dentada como parte de la maquinaria de los relojes ya había sido empleada por el griego Ctesibio en su reloj hidráulico. Lo que es nuevo en el caso de Pacífico es el principio que utiliza para el accionamiento de sus relojes. Una pesa que desciende lentamente mediante un dispositivo de tracción de cable pone en marcha el tren de ruedas.

Estos primitivos relojes de ruedas no eran muy precisos lo que se comprende si se tiene en cuenta que el peso que desciende da lugar a un movimiento acelerado si no se lo frena con regularidad (mecanismo que se inventa a finales del siglo XIII).

El funcionamiento del reloj viene regulado por un mecanismo denominado escape. Se desconoce quién fue su inventor. La tracción de la pesa se produce solo cuando el escape libera a intervalos regulares el mecanismo de relojería, con lo que se produce el avance. De este modo, aparece por primera vez el "tictac" de los relojes.



Los nuevos relojes públicos introducen un elemento determinante en el desarrollo de la vida cotidiana de los habitantes de las ciudades. Mientras que las campanas de accionamiento manual solo marcaban las horas de los rezos, estos nuevos relojes señalan también el ritmo del trabajo. Indican la hora a la que hay que levantarse, dirigirse al trabajo, descansar o finalizar la jornada laboral.

Los relojes mecánicos se desarrollaron, plenamente, durante la época de la Revolución Industrial.

El reloj, la máquina más importante

Lewis Mumford, famoso historiador de la tecnología, afirma que:

"El reloj, no la máquina de vapor, es la máquina-clave de la moderna edad industrial. En cada fase de su desarrollo, el reloj es a la vez el hecho sobresaliente y el símbolo típico de la máquina: incluso hoy ninguna máquina es tan omnipresente."

Así, en el origen mismo de la técnica moderna, apareció proféticamente la máquina automática precisa que, solo después de siglos de posteriores esfuerzos, iba también a probar la perfección de esta técnica en todos los sectores de la actividad industrial.



"En su relación con cantidades determinables de energía, con la estandarización, con la acción automática y, finalmente con su propio producto especial, el tiempo exacto, el reloj ha sido la máquina principal en la técnica moderna, y en cada período ha seguido a la cabeza: marca una perfección hacia la cual aspiran otras máquinas. Además, el reloj sirvió de modelo para otras muchas especies de mecanismos, y el análisis del movimiento necesario para su perfeccionamiento así como los distintos tipos de engranaje y de transmisión que se crearon, contribuyeron al éxito de muy diferentes clases de máquinas."

Los relojes automáticos

El reloj automático hizo su aparición en el Renacimiento. No hay conciencia sobre la revolución que produjo. Fue la máquina más eminente entre los artefactos modernos, más que

la propia máquina a vapor, como acabamos de señalar.

David Landes, profesor de Historia y economía en Harvard –quien justamente había escrito en 1969 el estudio más completo sobre la revolución industrial en el Siglo XVIII, que tuvo a la máquina de vapor de Watt en su centro-, publicó en 1987 otro volumen magistral (**Revolution in time. Clocks and the making of the Modern World**) en el que analiza la influencia del reloj en el mundo moderno.

Landes, considera el reloj una de las mayores invenciones de la historia de la humanidad, no a la altura del fuego o la rueda, pero comparable a los tipos móviles de Gutenberg en sus revolucionarias implicaciones sobre los valores culturales, el cambio técnico, la organización social y política, y la personalidad.

La madre de todas las máquinas modernas

En primer lugar, señalemos el enorme potencial tecnológico del reloj. Fue el modelo al que aspiraron todas las máquinas, el taller para la formación de artesanos finos y técnicos exactos. Precisamente porque no fue en su origen una herramienta práctica, diseñada con un único propósito, estaba destinada a ser *la madre de las máquinas*.

Los relojeros, debido a que fabricaban los primeros artefactos modernos de medición, se convirtieron en los adelantados de la fabricación de instrumentos científicos; su legado perdurable fue la tecnología de las máquinas-herramientas.

En segundo lugar, debemos destacar su trascendencia para una nueva visión del mundo, la metáfora del universo visto con una gran pieza de relojería. En el Siglo XVII, el físico Robert Boyle, fundador de la Royal Society y pionero de la ciencia de su tiempo, contempló al cosmos como “una gran pieza de relojería”. Desde el comienzo del siglo XVII, los europeos cambiaron su idea sobre el universo; ya no era geocéntrico sino heliocéntrico; no es orgánico sino mecánico, las ciencias se inscribieron en el ideal mecanicista de Newton. Y hasta Dios pasó a ser concebido como el Gran Relojero Universal.

Los relojes y la política

La invención del reloj mecánico fue uno de los mayores cambios “entre los que transformaron a Europa de un reducto débil, periférico y altamente vulnerable a la civilización mediterránea, en un agresor hegemónico”. Integra un fenómeno general y de altísimo alcance en el que por sí mismo influye: el de la cuantificación como característica distintiva de la modernidad.

Hay una tesis extrema que sostiene en nuestros días Alfred Crosby, (**La Medida de la Realidad. Cuantificación y sociedad Occidental 1260-1600**): debido al hecho de que en el siglo XVI había más gente pensando cuantitativamente en Europa Occidental que en otras partes del mundo, los europeos se hicieron líderes mundiales. Al percibir matemáticamente el tiempo, el espacio y las cosas, se convirtieron en imperialistas intelectuales de la ciencia, la tecnología, la burocracia, y las artes.

También debemos destacar la influencia política que tuvieron los relojes y la medición del tiempo



Los relojes: su importancia industrial

Hacia 1600, grupos de refugiados (Hugonotes franceses) se dirigieron a Suiza, y allí fundaron una manufactura que fue desarrollándose y mejorándose hasta darle a este país un monopolio indiscutible durante siglos.

Los suizos soportaron más tarde el desafío de los norteamericanos. Pero a partir de los '70, la "Quartz revolution" (una tecnología basada en la propiedad piezoeléctrica de ciertos cristales), los colocó detrás, primero de los japoneses y luego, de las industrias radicadas en Hong Kong.

Para enfrentar esta novedosa tecnología que los tomó por sorpresa, los suizos reaccionaron, entre otras cosas, fabricando y haciendo el "marketing" adecuado, relojes para millonarios.

El reloj cambia las costumbres

No nos podemos olvidar de la influencia del reloj en las costumbres y los ciclos naturales.

En la Edad Media, primero habían sido los relojes de los monasterios, máquinas con pesas que hacían sonar campanadas (de ahí la palabra "clock" en inglés) anunciando las horas canónicas y la jornada laboral. Después aparecieron los relojes de campanario en las iglesias. En la ciudad europea medieval las campanas ejercían la función que tiene la radio en nuestros días. Toda ciudad que se considerara digna de tal nombre debía tener un reloj público que llamara a los ciudadanos para la defensa, las celebraciones y los duelos. Se crearon magníficos relojes-candelario-espectáculo: por ejemplo, el reloj-planetario de Estrasburgo, considerado uno de las siete maravillas del Alemania.

Pero lo más revolucionario vino con el reloj moderno: el tiempo se hace portátil y regula a los hombres día y noche, nublado o claro, en toda estación.



Una vez que los relojes aprendieron a remplazar pesos y contrapesos con un resorte en compresión, se hizo miniaturizable y manuable, imprescindible para la casa y las personas. La posibilidad de uso privado permanente echó la base para un nuevo valor en la vida de los hombres: la "puntualidad", una civilización atenta al paso del tiempo, al funcionamiento de las cosas y la productividad. Es recién a fines del siglo XVIII que aparece la palabra para describir el hábito de llegar a tiempo. El reloj, convertido en amo y señor de la vida cotidiana en el planeta, produjo su propia moral; la puntualidad es su criatura.

Bacon y el sueño de las máquinas

Hacia la mitad del siglo XIII, Roger Bacon había predicho realizaciones impresionantes:

"se podrán construir grandes máquinas gracias a las cuales, las más grandes naves, pilotadas por un solo hombre, irán más deprisa que si estuviesen llenas de remeros; se podrán construir vehículos que se desplazarán a una velocidad increíble sin que tiren de ellos animales; se podrán fabricar máquinas volantes en las que un hombre, como su fuera un pájaro, batirá el aire con sus alas; las máquinas permitirán ir al fondo del mar y de los ríos"

Pero Roger Bacon, franciscano, sigue siendo el representante de una época en la que las preocupaciones religiosas tenían un gran peso social y en la que el optimismo técnico solo podía ser relativo: se tenían que producir muchos desastres previstos por el Apocalipsis; imaginaban la amenaza del fin del mundo y se trataba antes que nada (como decía el mismo

Bacon) de prepararse para luchar contra el Anticristo. La conclusión de Arnold Pacey parece justificada: *“pese a su entusiasmo por los logros técnicos de su época, Bacon no podía creer en un progreso técnico continuo”*.

Al principio era la máquina...

El progreso técnico, como lo conocemos ahora, comienza antes del Renacimiento: durante la Edad Media occidental aparecieron muchos inventos notables. Sus orígenes son con frecuencia oscuros y plantean en particular el problema de su copia (posible o real) de otras civilizaciones. En cualquier caso, a finales del siglo XIV se utilizaban diversas máquinas en la industria textil, el reloj de pesas estaba muy extendido y ya habían aparecido las armas de fuego. Si el molino de viento todavía estaba relativamente poco desarrollado en Europa, el uso de la energía hidráulica había experimentado ya una gran expansión.

Como dice Bertrand Gille, el *“molino de agua era ‘la máquina medieval típica’, cuya aparición y expansión constituyeron ‘una importante revolución técnica’*. Desde este punto de vista sería por tanto injusto repetir la típica expresión sobre la “noche oscura” de la Edad Media. Sin embargo, la fe en el desarrollo de la técnica no era todavía un hecho social importante. Según parece, hasta el Renacimiento no se desarrolló una auténtica “filosofía del progreso”.

La rebelión contra las máquinas

En el siglo XVIII, obreros ingleses, temerosos de ser desplazados por las máquinas de la Revolución Industrial, destruyeron varias veces telares y máquinas a vapor. El apellido de uno de sus líderes –Thomas Ludd– originó el nombre de “ludditas” para designar a destructores de máquinas.

En 1832 se afirmaba de que, en el Reino Unido solamente, la maquinaria en operación igualaba a la fuerza de “600 millones de hombres industriuosos y trabajadores”.

Saltando un siglo, hacia 1930 una ola de temores se expandió en Europa. Los regímenes totalitarios en ascenso hicieron que algunos escritores imaginaran un matrimonio entre regímenes oprobiosos con máquinas y mecanismos satánicos. Esas posibilidades dispararon las fantasías futuristas de autores como George Orwell (1984) y Aldous Huxley (**Un mundo feliz**).

Las máquinas en la literatura

Citemos otra obra, menos conocida pero altamente significativa. La escribió Samuel Butler en 1872 y se llama **Erewhon**. Esta utopía muestra al luddismo llevado al extremo. En el se describe un pueblo que padeció una guerra civil entre maquinistas y antimaquinistas.

Los temores de estos últimos se basaban en el incesante avance de las máquinas, la posibilidad de que con el tiempo estas desarrollasen conciencia, sometieran a los hombres y aún empezaran a reproducirse como seres vivos. Habían notado vínculos de conexión entre máquinas que parecían tener muy poco en común y decidieron cortar por lo sano.

La novela relata de que manera los erewhonianos destruyeron casi todas las máquinas, dejando solo algunas de ellas en un museo, cuidadosamente inutilizadas, ordenadas por géneros, especies y variedades

Los cerebros en las máquinas, las máquinas en los cerebros



Muchos pensadores afirman que en el siglo presente tenemos ya el potencial para una Edad de la Máquina. Hoy estamos íntimamente unidos con nuestras máquinas; sobre todo en los países desarrollados, nadie puede vivir sin ellas.

La casa –decía Le Corbusier- “es una máquina para vivir en ella”. Es sólo una metáfora, pero expresa el fenómeno. Otro autor dice: “Cuando el nuevo compañero del hombre adquirió cerebro...”

El “ciborg” (“organismo cibernético”) médico, híbrido de máquinas y hombre, es una realidad cada día más cercana. Corazones, pulmones mecánicos, riñones artificiales y dializadores conectados al hombre. Miles de personas usan marcapasos para que puedan latir sus corazones. Alguien dice: llegará el día en el que los instrumentos sean extensiones del hombre y nos conectaremos con tractores y centrales telefónicas para controlarlos directamente con nuestro sistema nervioso. Otro afirma: La mecanización del cuerpo es tan solo un paso hacia la mecanización de la mente. ¿Cuánto más poderoso e inteligente sería un cerebro que pudiese conectarse en serie, mediante sinapsis orgánico-eléctricas, con una computadora gigante?

Las máquinas, en un teatro

Los “teatros de máquinas” constituyen un exponente bastante tardío, pero muy interesante, de la promoción de la técnica y, más particularmente, de la mecánica. Después de que Jacques Besson hubiera publicado en Lyon, en 1569, su *Theatrum instrumentarum et machinarum*, surgieron muchos textos similares.

Como indica la palabra “teatro”, los proyectos mecánicos de Besson y de sus sucesores se ofrecen como un espectáculo, del que no se excluye la fantasía.



Los historiadores han insistido mucho en su aspecto lúdico. Pero nos equivocáramos en el significado de estos documentos no viendo en ellos más que diversiones. Su propuesta no es sino la expresión de la euforia por las máquinas y sus posibilidades. Estos “teatros” son más bien una especie de “balance y prospectiva”: una época toma conciencia de una actividad que se está convirtiendo en fundamental. Bajo una original forma cultural afirman que en los años futuros las máquinas existirán e influirán decisivamente en nuestras vidas.

¡Qué máquina!

Los automóviles de carreras, los trenes de tecnología avanzada, las computadoras o los satélites, hacen exclamar muchas veces: ¡qué máquina! El asombro que acompaña a estas palabras es similar al que –sin duda- sintieron nuestros antepasados ante logros técnicos mucho más simples, pero que también significaron grandes cambios en la visión que los seres humanos tuvieron de sí mismos como hacedores.

A lo largo de la historia, el concepto de máquina se fue construyendo a medida que se fueron utilizando y modificando los medios con los que se contaban. Durante mucho tiempo se las concibió de forma aislada –solo por su carácter utilitario-, lo cual hacía muy dificultoso una posible clasificación en el desarrollo de una teoría única que las explicara.

¿Qué es una máquina?

Si consideramos que máquina, etimológicamente, significa invento ingenioso, no cabe duda que la clepsidra lo era. Si definimos “máquina” como un artefacto que a partir del aprovechamiento de cierta energía, proveniente de una fuente determinada, logra que se produzca trabajo mecánico, la clepsidra, ¿será una máquina?

Una de las características básicas de las máquinas es el movimiento de sus componentes. A partir de su estudio se desarrolló la Teoría de los Mecanismos. La máquina también se define como un sistema constituido por diferentes mecanismos combinados.



Una máquina debe poder transformar los factores del trabajo mecánico: fuerza y espacio. Esta afirmación pertenece al ingeniero alemán Franz Reuleaux, que en el siglo XIX, afirmaba: “La máquina consta de la reunión de órganos resistentes, hecha de modo tal que por su intermedio resulta posible hacer que las fuerzas mecánicas naturales ejecuten determinados trabajos”. Expresa así el concepto de máquina de modo teórico y desde el punto de vista cinemático del movimiento que produce.

Mecanismos y máquinas

Los términos **máquina** y **mecanismo** son utilizados muchas veces como sinónimos, pero se puede hacer una diferencia: un mecanismo se utiliza para modificar o transmitir un movimiento. Por ejemplo, una biela-manivela; en cambio, una máquina transmite un esfuerzo o produce un trabajo mecánico, como en el caso de la máquina de vapor.

Es decir que una máquina está compuesta por una serie de mecanismos, pero un mecanismo puede ser o no una máquina.

Un mecanismo u “operador mecánico” utiliza energía para poder funcionar y, en general, está pensada para realizar una única tarea.

Mecanismo viene del latín mechanisma: Es el conjunto de partes de una máquina en su disposición adecuada.



Las máquinas: una clasificación

Las máquinas pueden clasificarse según diferentes criterios. Según uno de ellos, se pueden distinguir tres tipos de máquinas:

- Máquinas **motrices** (o **motores**). Tienen la capacidad de generar energía cinética, produciendo movimientos que, en general, son rotatorios.
- Máquinas **herramientas** u **operatorias**. Pueden ser manuales o motorizadas y sirven para ejecutar un trabajo, por ejemplo, modelar materiales sólidos. A esta categoría corresponden, por ejemplo, los taladros eléctricos, los tornos, las máquinas textiles, los mecanismos elevadores, las bombas de agua, etc.
- Mecanismos de **transmisión**. Transforman y transmiten la energía cinética producida por las máquinas motrices a las máquinas operatorias. Su función básica es vincular ambos tipos de máquinas para llevar a cabo un proceso. Pertenecen a esta categoría los engranajes, poleas, cables, diferentes fluidos, etc.

Otra manera de clasificar a las máquinas

Otras clasificaciones consideran como criterio la autonomía de las máquinas para cumplir con la función para las que están destinadas. Según este criterio, existen:

Las **máquinas no automáticas**, realizan su función siempre que una persona la ponga en acción. Por ejemplo, este taladro manual...

Las **máquinas automáticas**, se adaptan ante los cambios del entorno, modificando en cierto sentido su funcionamiento. Tenemos un ejemplo de ellas en un equipo de aire acondicionado.

Puede considerarse, además, la diferencia entre máquinas **programables** y **no programables**. Las primeras aceptan cambios en su estructura y función: una procesadora de alimentos que puede amasar, moler, batir, etc. Al cambiarse sus piezas para que cumpla esas diferentes funciones, se la debe programar. Las máquinas no programables carecen de esta versatilidad.

Elementos de maquinaria

Observar los movimientos inicial y final de una máquina permite conocer los resultados que produce aquella primera acción. Otro tema es analizar cada una de las etapas por las que pasa ese movimiento: así comprendemos la relación funcional de los elementos de esa máquina.

Históricamente, la posibilidad de sistematizar el conocimiento de las partes de una máquina comenzó con Leonardo da Vinci. Él fue el primero que, al dibujarlas, representó por separado cada una de sus partes.

Décadas después, Christopher Polhem (1661-1751), ingeniero sueco, creó prototipos de máquinas y elementos mecánicos como bombas de minas, relojes de péndulo, cerrojos antirrobo, esclusas y una amplia variedad de maquinaria textil y agrícola (varios de los cuales fueron llevados a la práctica). Además, sistematizó todos los mecanismos conocidos en aquella época. El resultado de esta tarea fue lo que él denominó "**alfabeto mecánico**". Según expresaba, este alfabeto era útil para que los ingenieros pudiesen diseñar máquinas eficientes.

Polhem, poeta de las máquinas...

Leonardo Da Vinci fue el primero en representar los componentes individuales, al hacer dibujos de máquinas detallados de los elementos ocultos en el interior. Christopher Polhem aprendió este método durante un viaje por Inglaterra y Europa Central, en 1695. Aunque lo impresionó mucho, nunca lo utilizó, ya que era incapaz de dibujar ni el más sencillo de los esquemas.

Su talento consistía en poder pensar en tres dimensiones, y usaba modelos sencillos para expresar sus ideas. A menudo, él mismo fabricaba esos prototipos. Polhem consideraba que estos modelos eran más instructivos que las ilustraciones de un libro. En su propuesta, Polhem exponía elocuentemente las ventajas de este laboratorio mecánico, especialmente para estimular a jóvenes con talento y darles una educación completa en ingeniería, utilizando accesorios visuales

Polhem opinaba que si un poeta puede producir el más bello poema con letras sencillas, un ingeniero que dominase el alfabeto mecánico debería poder diseñar máquinas útiles. Las vocales de este alfabeto eran las "cinco grandes", y las consonantes los demás elementos.

Un mito realista: el movimiento continuo

Fieles a una de las grandes obsesiones de su época, varios autores, entre ellos, Zonca proponen una máquina de movimiento continuo. Esto, ahora, nos parece aberrante. Pero la



creencia en el movimiento continuo significaba, entonces, lo siguiente: en el universo hay cantidades inagotables de energía a disposición del hombre. Esta hipótesis llevaba a fantásticas especulaciones. Pero Lynn White Jr. no se ha equivocado al afirmar que *“sin este entusiasmo de la imaginación no se hubiese desarrollado la tecnología energética del mundo occidental”*.

Al hablar del movimiento continuo en la Edad Media y en el Renacimiento se puede, por otra parte, sospechar la existencia de un malentendido. Ahora se le da a este concepto un sentido preciso de acuerdo con las ideas fundamentales de la termodinámica.

Pero en el siglo XV los términos eran más confusos: una máquina de movimiento continuo era, por ejemplo, un molino de agua situado en un río que nunca se había visto seco.

¡No se puede hacer!

Durante siglos, inventores de varios países trataron de construir máquinas cuyo movimiento fuera perpetuo, pero sus intentos jamás tuvieron éxito. Algunas de estas máquinas contenían dispositivos mecánicos muy ingeniosos, y las continuas discusiones generadas por esos mecanismos ofrecían al inventor, a sus amigos y a los críticos, estímulo intelectual y entretenimiento.

El busca del móvil perpetuo...

Johann Bessler, que se hacía llamar Orffyreus, construyó dos complejos móviles perpetuos. Sus características más sobresalientes eran dos grandes ruedas verticales que se movían de manera continua y que eran capaces de elevar mediante una cuerda, cargas de varios cientos de kilos.

Muchos investigadores dieron testimonio acerca del buen funcionamiento de la máquina. Incluso G. Leibniz, que había establecido como axioma la imposibilidad de la construcción de un móvil perpetuo, se mostró impresionado por la rueda maravillosa.

En realidad, la máquina era un engaño, ya que estaba accionada manualmente desde un cuarto contiguo. Lo importante es el hecho de que incluso los científicos no sean capaces -en aquella época- de demostrar con total seguridad la imposibilidad de la existencia de un movimiento constante sin accionamiento externo. Los experimentos de este tipo fueron muy frecuentes durante la Edad Media y el Renacimiento.

La máquina, un objeto de deseo...

Según afirma Lewis Mumford *“el europeo occidental concibió la máquina porque anhelaba regularidad, orden y certidumbre, porque deseaba reducir el movimiento de sus semejantes, así como el comportamiento del medio a una base más definida y calculable.”*

*Más que un instrumento de ajuste práctico, la máquina fue, a partir de 1750, un **objeto de deseo**. Aunque diseñada nominalmente para favorecer los medios de la existencia, la máquina sirvió al industrial y al inventor, así como a todas las clases que cooperaron para materializarlas, como un fin. En un mundo de cambios y desorden y ajuste precario, la máquina al fin fue considerada como una finalidad.*



“Si algo fue creído y adorado incondicionalmente durante los dos últimos siglos, al menos por los líderes y los amos de la sociedad, eso es la máquina; pues la máquina y el universo se identificaron, unidos como lo estaban por las fórmulas de las ciencias matemáticas y físicas; y el servicio de la máquina fue la manifestación principal de la fe y la religión: el motivo principal de la acción humana y la fuente de la mayor parte de los bienes del hombre.”

La máquina, una presencia irreversible

Según expresa Mumford: “Solo como una religión puede explicar la naturaleza apremiante del impulso hacia un desarrollo mecánico sin tener en consideración el resultado real del desarrollo en las relaciones humanas mismas; incluso en sectores en donde los resultados de la mecanización eran claramente desastrosos. Sus más razonables partidarios, sin embargo, mantenían que ‘la máquina estaba aquí para quedarse’ –con lo que daban a entender no que la historia fuera irreversible, sino que la máquina misma era inmodificable.”

Hoy en día esta fe indudable en la máquina ha sido duramente sacudida. La absoluta validez de la máquina se ha convertido en una validez condicionada; hasta Spengler, que impulsó a los hombres de su generación a hacerse ingenieros y hombres de hechos, considera esta carrera como una especie de suicidio honorable e imagina el período en que los monumentos de la civilización de la máquina serán masas enmarañadas de hierro oxidado y cáscaras vacías de cemento.



“Por el contrario, para aquellos de nosotros que tenemos más esperanza a la vez en el destino del hombre y en el de la máquina, esta no es ya el modelo del progreso y la expresión final de nuestros deseos, sino simplemente una serie de instrumentos que utilizaremos en la medida en que nos sirvan para la vida en general, y que eliminaremos cuando la infrinjan o existan puramente para soportar la estructura del sistema capitalista.”

Del trabajo manual a la automatización

La historia de la tecnología puede considerarse como la historia de la mecanización del trabajo manual. En la línea de montaje era posible desarrollar técnicas para realizar no solo las tareas físicas sino también las intelectuales. Poco a poco, la presencia humana se volvió solo necesaria para comprobar si las máquinas actuaban de acuerdo con las funciones asignadas. El próximo paso fue incorporar máquinas capaces de realizar tareas complejas, bajo un **control automático**.

En la máquina de Hollerith para leer tarjetas perforadas. Las tarjetas se introducían a mano, y la máquina pasaba sobre ellas unos cepillos. Dentro del rodillo había recipientes con mercurio. Cuando se hacía contacto, se cerraba un circuito eléctrico. Así, el circuito enviaba impulsos a un contador de un tabulador.



Desde la década de los '50, los sistemas de control se refinaron hasta conseguir que muchas operaciones podían ponerse en marcha, mantenerse y protegerse contra posibles errores sin la intervención humana, desde el momento en que se comandaba el botón de arranque.

Al comienzo, con tarjetas perforadas...

Esta clase de automatización ha sido una de las grandes metas de los tecnólogos. Por ejemplo, el telar Jacquard (1801) fue resultado de los esfuerzos de tres generaciones de inventores preocupados por el problema de construir una máquina que respondiera a un patrón prefijado y controlado, y que al mismo tiempo mantuviese su capacidad de hacer diferentes tejidos, al igual que un telar operado manualmente.

Esto se logró mediante tarjetas perforadas, que pasaban por el control del telar. Las perforaciones de las tarjetas formaban el código sobre el cual funcionaba el telar, produciendo

los tejidos ordenados por dichas señales. Ese fue el principio de las primeras máquinas modernas de control más sofisticado.

La importancia de los telares con tarjetas perforadas nace de su contribución al proceso de industrialización y en la invención de una técnica de gobierno de la máquina.

Los automatismos

¿Qué es lo que provoca que en un lavarropas, en un momento entre agua y en otro deje de hacerlo?, ¿Cómo se abren las puertas automáticas? ¿Qué les permite a los semáforos que se produzca el cambio de luces?

Todo esto es posible porque tienen una manera particular de operar: un mecanismo automático se puede poner en funcionamiento por sí mismo. El proceso inicial puede llegar a completarse sin necesidad de la intervención humana, cuando está dotada de **programadores**. Estos dispositivos ordenan y controlan la secuencia de acciones sucesivas desde el interior de la propia máquina.

Algunas máquinas automáticas se regulan a sí mismas, al recibir señales transmitidas por sus **sensores**. Estos detectan indicadores externos o internos, como la temperatura, nivel de agua, presencia de personas, etc. Como información, transmiten esas señales a la máquina. Cuando dicha información es recibida por los dispositivos de control, modifican su funcionamiento.

Artefactos automáticos

En la vida cotidiana tenemos muchos ejemplos de artefactos que funcionan automáticamente: semáforos, lavarropas, interruptores eléctricos de iluminación, sistemas contra incendios, alarmas, puertas de garaje con accionamiento automático...

La respuesta automática de una máquina, que determina un cambio en su funcionamiento, se produce al recibir los estímulos externos (puerta automática) o internos (timer de la videocasetera). Así, el proceso de automatización de las máquinas se ha ido complejizando gradualmente.

Desde un punto de vista tecnológico se puede describir su evolución:

- Máquinas automáticas con control mecánico o hidráulico
- Máquinas automáticas eléctricas o electroneumáticas
- Máquinas automáticas electrónicas y electrónicas neumáticas
- Máquinas automáticas electrónicas e informáticas.

Sistemas de control

Para que la enorme cantidad de máquinas y aparatos que nos rodean funcionen del modo previsto, es de fundamental importancia que estén debidamente controlados.

Cuanto más complicada sea una máquina, más sofisticada es la técnica necesaria para regularla y controlarla. Fundamentalmente, se trata de la capacidad humana para dominar la tecnología.



Un ejemplo nos ayudará a comprender este concepto. En 1860, se hicieron populares las primeras bicicletas. ¡Por fin, un medio de transporte sencillo y manejable! Pero sus primeras

versiones podían resultar muy peligrosas en ciertas situaciones; carecían de rueda libre –es decir, los pedales estaban fijos a la rueda- y no poseían frenos. Yendo cuesta abajo, el ciclista tenía que mantener los pies en los pedales y controlar la velocidad como pudiese. Si no lo conseguía, lo más probable es que fuese lanzado a una loca carrera, sin poder detenerse. Por el contrario, las bicicletas modernas están equipadas con un “sistema de control”: rueda libre y frenos manuales y de pie, que en conjunto permiten controlar plenamente la máquina.

Algunos términos elementales

Los modernos sistemas de control integran una de las áreas más avanzadas de la tecnología, y su finalidad es encontrar formas para controlar incluso la maquinaria más compleja de manera tan sencilla y eficaz como se conduce una bicicleta.

Un experto en control visualiza cada máquina como un **sistema**. Este concepto tiene una aplicación muy amplia: puede referirse a una bicicleta, una lavadora, una nave espacial, el tránsito en un cruce.

Sistemas de control, más y más...

La tecnología contemporánea ha incorporado sistemas de control cada vez más eficientes. La acción de los pies rozando el suelo para disminuir la velocidad fue reemplazada por frenos cada vez mejores. Además, las bicicletas contemporáneas están equipadas con un rueda libre, frenos de mano y de pie. El control de la máquina, con una adecuada preparación del ciclista (y con una suficiente prudencia), está asegurado.

Los sistemas automáticos -de complejidad creciente y cada vez más generalizados, no solo en la industria sino también en la vida cotidiana- han incorporado dispositivos de control y regulación cada vez más precisos, en muchos casos computarizados. Se los divide en dos grupos, los de circuito abierto y los de circuito cerrado, o de realimentación (“feedback”).



El control y la regulación son temas centrales en el proceso de cambio tecnológico.

¿Cuáles pueden ser considerados problemas de control?

- Evitar que un depósito de agua desborde
- Conservar estable la presión del vapor en el interior de una caldera
- Descansar, mientras se está piloteando un avión

Es por ello importante el conocimiento de los problemas de control que se presentan al intentar que el comportamiento de un sistema se ajuste al objetivo que se le ha fijado.

Los robots

Los hombres siempre han deseado construir robots. Los robots pueden hacer la vida más fácil y evitar las incomodidades del trabajo manual.

Se dice que ya hacia el siglo 400 a.C., un griego llamado Archytas inventó una paloma de madera que incluso pudo volar. No podemos saber si la invención de Archytas llegó realmente a hacerlo, pero el hecho de que se tratara de construirla muestra lo antiguo que es el deseo humano de construir robots.

En el siglo XIII, el inglés Roger Bacon trató de construir un hombre mecánico. Los ojos de este hombre mecánico resplandecían, y un humo sulfuroso salía de su interior. Incluso las mandíbulas se movían levemente. Bacon construyó este autómata, imaginando que le diera respuestas a los secretos del universo. Pero esto último, sin duda, no lo pudo conseguir.



Nanotecnología

En la actualidad se ha inaugurado una nueva rama de la tecnología denominada nanotecnología, que se ocupa de las nanomáquinas. Para entender lo que significan, debemos diferenciar entre varios conceptos:

- Minimáquinas: Éstas constan de billones de átomos y partes pequeñas, tienden a caber dentro de un clip, se miden en milímetros.
- Micromáquinas: Éstas constan de millones de átomos.
- Nanomáquinas: Sus partes constan de cientos de átomos. Máquinas completas controladas por computadoras serán medidas en nanómetros.
- Máquinas Cuánticas: Éstas constarán de partes estrechas de átomos simples y serán medidas en Angstroms.

¿Qué significa "nano"?

Nano = 1 millonésima parte del milímetro.

Una persona = alrededor de 2 m.

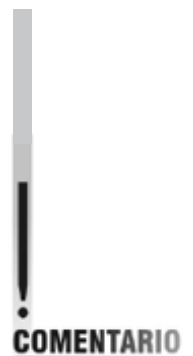
Una hormiga = aproximadamente 1 cm. ($10^{-2}m$).

Una célula = 20 micrómetros ($10^{-6}m$).

Un ribosoma = 25 nanómetros.

Un manómetro = ($10^{-9}m$), es decir la millonésima parte del milímetro.

Un nanómetro cúbico = aprox. 258 átomos de carbono.



Los nanocomponentes

El intercambio de información a través de nanoalambres de diámetro molecular y la fabricación de conmutadores que funcionan con moléculas se contaron entre los avances que abrieron la vía a la producción de minúsculas máquinas extraordinariamente veloces y potentes.

Los especialistas consideran que los nanocables superconductores podrán tener en un futuro no lejano, un átomo de ancho. En relación con la salud humana afirman que se podrán construir nanorrobots dirigidos por nanordenadores de minúscula escala que entren en el cuerpo, muevan los átomos de lugar, modifiquen las estructuras dañadas y curen enfermedades.

Los primeros equipos para aplicar la nanotecnología ya fueron fabricados: un microscopio que permite escribir letras alineando átomos y una cápsula ingerible provista de una minivideocámara.



Sin embargo, el paso que indicará su verdadero comienzo será lo que se llama "Ensamblador Universal", con capacidad de construir cualquier objeto que se defina mediante un software adecuado.

Los expertos no descartan la posibilidad de que los conocimientos adquiridos en la genética aporten técnicas y pistas suficientes para que el mundo cuente con su aplicación hacia el 2015.

CAPITULO IV: LA TECNOLOGÍA Y LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

El desarrollo técnico y su financiación

La transición del trabajo artesanal a la aplicación de la técnica en la industria se produjo lentamente, desde las primeras aplicaciones de la fuerza del vapor. Este proceso se desarrolló a veces en forma más o menos ordenada y otras, de manera caótica.

El aprovechamiento de la fuerza de trabajo de origen mecánico había dado lugar al establecimiento de la producción en masa, trayendo consigo una total reestructuración de los procesos industriales. Ahora las instalaciones necesarias son mucho más caras que las herramientas de los artesanos.

Por lo tanto, una de las condiciones previas para establecer nuevas industrias es disponer de la financiación necesaria y de un ente empresarial, no siendo ya suficiente la capacidad de invención y los conocimientos técnicos.

Se necesita dinero, mucho dinero...

Esto implicó una modificación de las fuerzas que impulsan el progreso. Ya no eran solo los inventores y los científicos los que lo permitían, sino también los empresarios interesados en obtener beneficios. Por esta causa, la cantidad de invenciones puras se redujo de manera importante, respecto de las construcciones realizadas por encargo y destinadas a ahorrar materiales, racionalizar los procesos de fabricación, acelerar el ritmo de la producción, etc.

Para obtener tasas de beneficios más altas, se desarrollaron nuevos procedimientos que pronto estuvieron listos para su aplicación industrial. Se referían sobre todo a las materias primas, elaboración de materiales como el acero y la industria de la maquinaria pesada. Las cifras de producción aumentaban con rapidez y también la presión de los competidores, lo que provocó la caída de los precios.

Marx y la Tecnología.

Para Marx, la mejor forma de analizar los inventos y las innovaciones técnicas, al igual que otras actividades socioeconómicas, era considerarlas como procesos sociales más que como resultados de los destellos de inspiración de genios individuales. En consecuencia, Marx no centra su análisis del cambio tecnológico en los individuos, por heroicos que fueran, sino en un proceso social colectivo.

Para Marx, el capitalismo se desarrolla en la Europa occidental básicamente como respuesta al crecimiento de los mercados y las oportunidades de obtención de beneficios.



Las relaciones capitalistas -dice Marx-, surgieron cuando el incremento de las oportunidades de obtención de beneficios determinó una expansión de las dimensiones de la unidad productiva, trascendiendo las características del taller artesanal de la Edad Media. La mera expansión cuantitativa de estos talleres desembocó posteriormente en transformaciones cualitativas fundamentales en el terreno de las relaciones sociales. Aunque el sistema manufacturero dominó totalmente los primeros doscientos cincuenta años del capitalismo occidental y determinó importantes cambios en las relaciones sociales, este sistema no estuvo asociado directamente a ninguna innovación tecnológica destacada.

Más Marx...

Marx concede, no obstante, gran importancia a los factores tecnológicos, ya que la tecnología es el factor mediador entre el hombre y su relación con el mundo exterior. Pero al actuar sobre ese mundo material, el hombre no solo lo transforma para sus propios fines útiles (esto es, según afirma "Los productos de la naturaleza se convierten directamente en órganos de la actividad del obrero."), sino que también realiza, inevitablemente, un acto de autotransformación y autorrealización.

La tecnología comprende los instrumentos que determinan la efectividad del hombre en su actividad encaminada a conseguir unos objetivos que no solo están realizados como consecuencias de sus necesidades instintivas básicas, sino también de aquellas que formula y define su propio cerebro:

"Una araña efectúa operaciones que semejan las manipulaciones del tejedor, y la construcción de los panales de las abejas podría avergonzar, por su perfección, a más de un maestro de obras. Pero, hay algo en que el peor maestro de obras aventaja, desde luego, a la mejor abeja, y es el hecho de que, antes de ejecutar la construcción, la proyecta en su cerebro. Al final del proceso de trabajo, brota un resultado que antes de comenzar el proceso existía ya en la mente del obrero".



Los cambios decisivos que le interesan a Marx se inician a mediados del siglo XVIII. En ese momento Inglaterra comienza su transición de un sistema industrial manufacturero a lo que él llama la Industria moderna.

Marx y la naturaleza de la tecnología...

Marx planteó y abordó un problema básico en relación con la naturaleza de la tecnología. Está ampliamente aceptado que las sociedades capitalistas modernas han alcanzado elevados niveles de productividad debido a la aplicación sistemática de conocimientos científicos a la esfera productiva. El sistema manufacturero, que era el modo de producción dominante del capitalismo primitivo, desarrolló un alto grado de especialización de los trabajadores. En tanto que, los artesanos medievales ejecutaban toda una gama de operaciones dentro de la producción en una serie de fases y asignó cada una de éstas a un obrero especializado.

El paso decisivo fue el desarrollo de una tecnología mecánica que no dependiera demasiado de las capacidades o la voluntad humana y que dividiese el proceso productivo en una serie de pasos analizables por separado. La importancia histórica del sistema manufacturero estuvo en el hecho de que precisamente aportó esa división.

*La importancia histórica de la gran industria moderna residía en el hecho de haber incorporado esos pasos separados a unos procesos mecánicos, a los que ya podían aplicarse rutinariamente los conocimientos y principios científicos. **Carlos Marx***



En las primeras fases del desarrollo de la industria moderna, la maquinaria se producía con métodos artesanales y manufactureros. Esta es la fase de la operación de autopromoción, la fase en la cual la gran industria moderna, completa su liberación de las limitaciones de la vieja tecnología.

"Por todas éstas razones, la gran industria no tuvo más remedio que apoderarse de su medio característico de producción, de la máquina, y producir máquinas por medio de máquinas. De este modo, se creó su base técnica adecuada y le levantó sobre sus propios pies. En efecto, en los primeros decenios del siglo XIX, al desarrollarse la industria maquinizada, la maquinaria se fue adueñando paulatinamente de la fabricación de máquinas herramientas".



Una vez alcanzada ésta fase de madurez tecnológica, podemos considerar que el capitalismo posee plenamente los extraordinarios medios tecnológicos que lo diferencian tajantemente de todas las anteriores etapas del desarrollo de las capacidades productivas humanas.

La Casa del Terror

En 1770, un escritor había proyectado un nuevo programa para socorrer a los pobres. Lo llamó "la Casa del Terror": debía ser una casa en donde los pobres estuvieran encerrados trabajando durante catorce horas al día y alimentados por una dieta de hambre.

Una generación después, esta Casa del Terror se había convertido en la fábrica paleotécnica. De hecho el ideal, como muy bien dijo Marx, palidecía ante la realidad.

Las enfermedades industriales naturalmente florecían en este ambiente: el empleo de barniz de plomo en la alfarería, del fósforo en la industria de fabricación de cerillas, el fracaso en usar máscaras de protección en las numerosas operaciones de molienda, incrementaron en proporciones inmensas las formas fatales de daños industriales.



A medida que aumentaba el ritmo en ciertas producciones, se incrementaban los peligros para la salud y la seguridad en el proceso industrial mismo; en otras circunstancias la fatiga creciente provocaba movimientos descuidados, por lo cual era frecuente accidentarse una mano o el tener que amputar una pierna.

La tecnología y la degradación del trabajador

Hay que señalar otro elemento en la degradación del trabajador: la fanática intensidad del trabajo. Marx atribuyó la extensión del día laboral en el período paleotécnico al deseo del capitalista de extraer plusvalía extra del trabajador. En tanto predominaron los valores en uso, señaló, no había incentivo para la esclavitud o el trabajo suplementario.

Tan pronto como la mano de obra se convirtió en producto, el capitalista trató de conseguir la mayor parte posible para sí con el menor gasto.



El fordismo

El objetivo expresado por el industrial del automóvil Henry Ford era liberar al ser humano de realizar trabajos excesivamente duros gracias a la mecanización y una organización racional de los procesos de trabajo.

La propuesta de Ford pretendía, asimismo, aumentar la productividad, incrementar sus ingresos y, finalmente, mediante una activación de la economía gracias a la reducción de los precios de los productos, amortizar la pobreza y el paro masivo.



Ford consideraba como única meta legítima del trabajo la producción. En la práctica, la creencia defendida por Ford da lugar a una serie de exigencias aparentemente contradictorias: deseaba mejorar los productos y, al mismo tiempo, alcanzar de este modo menores tiempos de producción. Esto significa que un producto se fabricaba de un modo más racional cuanto más madura era su concepción tecnológica.

Las concepciones de Ford

Ford deseaba reducir los precios de los productos y lograr así pagar salarios más altos. Así, gracias a la fabricación en cadena la reducción de los precios aumentó las ventas.

Por último, la fabricación en masa hizo posible una producción rentable, lo que permitió reducir nuevamente los precios de los productos. De acuerdo con la concepción de Ford, esto condujo a un incremento de los salarios debido a un aumento de las ganancias.

Ford deseaba sustituir el trabajo de los seres humanos por el de las máquinas y eliminar el paro, según el modelo antes mencionado. Los métodos de fabricación racionales significaron un beneficio para la empresa. Las empresas experimentaron una expansión cuya consecuencia fue la creación de una gran cantidad de nuevos puestos de trabajo.

La sociedad de la innovación

Las empresas enfrentan, en esta época, un reto de una magnitud que hace unos pocos años era impensable: el desafío de la innovación, del desarrollo de nuevos productos. Para muchas compañías industriales, los nuevos productos son el componente fundamental de su estrategia de crecimiento, a fin de vencer a su competencia. A esto se le suma la creciente actividad de investigación y desarrollo, que ha generado un caudal de productos nunca vistos.

Actualmente la empresa se desenvuelve en un mundo más competitivo. Los expertos afirman que los factores de la competitividad son ahora más exigentes en cuanto a la calidad de los productos y servicios ofrecidos por las empresas, centrandose su enfoque sobre todo en la propia necesidad del cliente, y atendiendo, como siempre, al criterio de bajo precio y, en consecuencia, del costo



Ante este desafío, la respuesta de reducir costos por parte de empresas europeas muy importantes se vio en una encuesta realizada en 1999 entre gerentes de las mayores compañías. En su mayoría, afirmaron que para generar ventajas competitivas en un contexto de globalización, era necesario preparar su organización en dirección de una organización virtual, capaz de generar productos a bajo costo, de calidad, y adaptados a las necesidades del cliente.

Las ideas y su valor

El puente entre el enunciado de los antiguos griegos que definían a la naturaleza como una combinación de aire, agua, tierra y fuego y el actual avance sobre el micro y macrocosmos, está constituido por el pensamiento racional y la tecnología.

En una empresa industrial en marcha, solo se inicia un nuevo ciclo de actividades funcionales cuando alguna de las personas a ella afectada descubre, por ejemplo, la posibilidad de elaborar un producto o servicio que responda a una necesidad y que se pueda comercializar con beneficios.

Supondremos que, efectivamente, ha sido así, pero hay que señalar que en una empresa en marcha surgen continuamente ideas que no implican la introducción de un nuevo producto, sino la modificación de alguno ya existente. Ya sea que tenga importancia principal o secundaria, la idea (si sobrevive al estudio) dará origen a una serie de actividades.

Cuanto mayor sea la precisión con que se formule la idea, menos trabajosas resultarán las siguientes fases, que son la del estudio y su materialización.

Crear objetos, desde la necesidad y desde el deseo

Uno de los fundamentos del progreso de la humanidad ha sido la creación de objetos y servicios útiles mediante los cuales ha podido satisfacer necesidades, a partir de los recursos a su alcance. Este progreso demuestra que es indefinida la capacidad del ser humano para responder a los nuevos y sucesivos problemas que los tiempos le van planteando.

Ante las deficiencias y la hostilidad del medio, los seres humanos suplen con su imaginación la carencia de recursos y aseguran su supervivencia mediante la creación de objetos, los cuales, como extensión de sus facultades y sentidos, constituyen su “segunda naturaleza”.

En la previsión de necesidades, el hombre desarrolla la facultad de imaginar y simular los problemas antes de que se le presenten. De este modo, proyecta soluciones y resuelve modelos que habrá de aplicar cuando aquellos aparezcan. Así es como proyecta o diseña sus herramientas y los útiles que le ayudarán a satisfacer sus necesidades. La tecnología contemporánea no solo responde a las necesidades primarias sino también da origen a producir para satisfacer deseos cambiantes y crecientes.



Responder a una necesidad o un deseo significa, obviamente, solucionarla, desde las más apremiantes hasta los deseos inconscientes, su satisfacción provocará la creación y la ayuda del interminable equipaje de objetos, cuya evolución corre pareja con los avances sociales, espirituales y científicos de nuestro mundo.

Objetos diversos, diseños múltiples

En algunas industrias, nuevos procedimientos y técnicas permitieron producir una gran variedad de diseños; la producción de algunas empresas abarcaba desde formas utilitarias y austeras hasta el más aparatoso lujo. Así por ejemplo, en la industria cerámica se perfeccionaron las técnicas de moldeado descubiertas en el siglo XVIII en el norte de Staffordshire, en Inglaterra, aplicándose a una gran variedad de nuevas formas.

En 1845 Henry Doulton accedió a iniciar la producción a gran escala de tuberías para desagües y conductos de agua. A esta empresa, coronada por un gran éxito, siguió la producción

de una extensa gama de loza sanitaria para el hogar.

La amplitud y variedad de diseños para estos productos era (y es) enorme, cubriendo las necesidades tanto de grandes instituciones, como cuarteles y cárceles, como las del mercado doméstico, a todos los niveles sociales. Se fabricaban fregaderos, bañeras e inodoros, algunos de complicada ornamentación y otros simplemente utilitarios aunque, como demuestra una página del catálogo de Doulton en 1898, estos últimos se ofrecían en vidriados de diferentes colores o decorados mediante calcomanías para satisfacer los diferentes gustos, con un aumento mínimo en el precio del producto.

Investigación y obtención de licencias

Esta etapa de actividades es indispensable para resolver las cuestiones relacionadas con el producto, procedimientos o servicios antes de lanzarse a la producción, con el fin de evitar conflictos y gastos inútiles más adelante. En ella no se incluye la investigación básica sobre las propiedades de la materia, aunque esta clase de estudios puede efectuarse junto con los del producto.

Entre las industrias que podrían requerir investigación de base del producto (que estaría relacionada con la del diseño) figuran: algunas ramas de la construcción mecánica, por ejemplo, la construcción aeronáutica, los astilleros y la industria eléctrica, la electrónica, todas las ramas de la industria química, los productos farmacéuticos, el vidrio y cerámicas, especialmente cuando se trata de artículos para usos técnicos, la transformación de alimentos, deshidratados, congelados y en conserva.

En varios países existen organizaciones de investigación a cargo del Estado o de asociaciones industriales (algunas veces subvencionadas por el Estado) que se dedican al estudio de los productos y procedimientos de determinadas industrias, demasiado pequeñas para poder efectuarlas por sí mismas.

La investigación tecnológica

Hay industrias de servicios, tales como el transporte, en las que aunque no se los conoce con el nombre de investigación, los estudios de base son necesarios, por ejemplo, para el diseño y creación de un nuevo servicio de autobuses o de líneas aéreas, referidos, a las exigencias de explotación; a tipos de vehículos que mejor se adaptarían a dichas exigencias; a la duración probable de los motores, neumáticos, etc.

Las actividades equivalen a la investigación del producto o del proceso en las industrias de fabricación y transformación.

*Otro elemento en esta etapa es la **obtención de licencias**, operación de gran importancia, sobre todo en países en vías de desarrollo que desean establecer industrias.*



Al carecer de facilidades o de personal técnico es lógico que se soliciten permisos de uso de licencias o patentes para la producción de artículos o la utilización de procedimientos de otras empresas de países industrialmente más adelantados. De esta forma, la mayoría de los acuerdos en este aspecto incluyen asistencia para instalar la fábrica con el concurso de técnicos procedentes de la compañía licenciataria, así como la capacitación del personal de la compañía local.

Ciencia y Tecnología

Los seres humanos siempre han empleado técnicas para resolver problemas; durante largo tiempo no contaron con el apoyo del saber científico, ya que el desarrollo de la ciencia como conocimiento organizado y sistemático es mucho más reciente en comparación con el accionar práctico del hombre primitivo.

En muchas ocasiones, el descubrimiento de los principios científicos que explicaban el funcionamiento de máquinas complejas fue posterior a la invención de estas. Es el caso de la máquina de vapor –patentada en 1769 por James Watt- que revolucionó el mundo productivo, permitiendo generalizar en el siglo XVIII la producción industrial.



Recién en el año 1824, el físico francés Sadi Carnot (1796-1832) descubrió que la transformación del calor solo puede realizarse desde un cuerpo más caliente a uno más frío y no a la inversa, sentando las bases de la Segunda Ley de la Termodinámica que explica los fundamentos físicos del funcionamiento de la máquina de vapor. Esta tarea la inicia en una situación particular: de visita en Inglaterra toma conocimiento de todos los intentos técnicos (logrados y fallidos) para conseguir un mayor rendimiento de la máquina de vapor. Interesado en el tema, descubre que esta optimización depende de la diferencia de las temperaturas máxima y mínima en el interior de la máquina.

Ciencia y Tecnología: teorías y acciones

El investigador científico se enfrenta a la tarea de hallar las causas que explican un hecho, de descubrir los porqués. La gran diferencia entre la búsqueda del conocimiento por parte de la ciencia y la reflexión sobre el quehacer tecnológico, que intenta acceder al descubrimiento técnico, es que esta última no puede dejar de lado las acciones intencionales de los humanos sobre los objetos reales.

*La ciencia busca la explicación o comprensión de los fenómenos naturales...
...mientras que la tecnología genera nuevos artefactos o novedosas metodologías para un mejor desenvolvimiento en el campo instrumental*



Pero, actualmente, pensar que la tecnología puede progresar en forma independiente del desarrollo científico es un imposible. En la actualidad, ciencia y tecnología se nutren mutuamente. La ciencia brinda conocimiento que son la base de nuevas producciones tecnológicas. Por su parte, sin los avances en la tecnología, que ofrece a las ciencias los artefactos y las preguntas para profundizar las investigaciones, estas se paralizarían.

CAPÍTULO V: LA TECNOLOGÍA Y ALGUNOS PROBLEMAS DEL MUNDO ACTUAL

La tecnología: dichas y maldiciones

Como el árbol en el Jardín del Edén, la tecnología nos ha traído dichas y maldiciones; después de todo, ella no es más que el producto del intelecto humano. Los cambios que ha producido en la calidad de nuestra vida cotidiana cubre la mayoría de las cosas esenciales. Las preocupaciones del hombre prehistórico en procurarse luz, calefacción y alimentos, de lo cual nació la gran búsqueda de la tecnología, se han reducido a una rutina, para millones de personas en el mundo occidental.

Hace cien años todavía la calefacción era un problema grave, aun para lo ricos. El acaudalado científico del siglo XVII Christian Huygens, calculaba cuántos árboles tendría que plantar en su parque para contar con la leña suficiente para mantener su casa caliente en el invierno.

Las estufas del siglo XVIII atrajeron mucha atención de parte de un hombre tan talentoso como Benjamín Franklin.

Hacia finales del siglo XIX, todavía las grandes urbes en los países más avanzados no tenían suficientes provisiones de agua y combustible para la calefacción central, que hoy consideramos común y corriente.



En el siglo XIX el mundo occidental todavía calculaba sus provisiones de alimentos en función de los de las estaciones.

En muchas regiones buena parte del ganado se sacrificaba en otoño y su carne se conservaba ahumándola o salándola, debido a la falta de forraje para alimentarlo durante el invierno. A falta de los medios modernos de conservación y transporte, la mayoría de la gente se enfrentaba con un régimen alimenticio desequilibrado durante los meses fríos, cuando las hortalizas y las frutas desaparecían de sus mesas.

La tecnología y el problema del hambre

La estabilización de las provisiones alimenticias se ha limitado a una pequeña parte del mundo. Todavía existen regiones que están por debajo de los niveles normales en relación con su capacidad para producir suficientes alimentos y centenas de millones de personas viven al borde del hambre. Es probable que los tecnólogos logren solucionar este formidable problema del siglo XXI. Técnicas mejoradas en la agricultura, reforzadas por un aumento en el abastecimiento de agua, podrían suministrar como mínimo los niveles de subsistencia para la población mundial.

De esto se infiere que los problemas primordiales son sociales, políticos y económicos. Al cambiarse el tipo de agricultura se cambian sus normas de la vida, ya que la agricultura es algo muy enraizado en la civilización material de estos países y un cambio repentino puede desnivelar sus beneficios indudables con una profunda alteración del patrón social de esos pueblos.



Ahora comenzamos a darnos cuenta del impacto cultural que ha provocado en los países más pobres la introducción de las modernas técnicas agrícolas. Nos enfrentamos con dificultades

mucho más complejas que la tarea elemental de enseñar a los habitantes el manejo de nuevas máquinas.

Desde el campo al mar...

Las razones de esto se vuelven fácilmente comprensibles cuando uno considera el resultado de la mecanización de la agricultura en los países avanzados –el desplazamiento de millones de trabajadores del agro en una sola generación-. Los agricultores siempre han intentado reducir la cantidad de trabajo que exige la producción agrícola.. Los antiguos aperos de la Galia romana surgieron cuando comenzaba a bajar la provisión de esclavos. Siglos después, el desarrollo de la cosechadora mecánica se aceleró por el alza en los costos de la mano de obra de los agricultores autónomos. Sin embargo, las ingeniosas máquinas agrícolas tenían sus aplicaciones limitadas en tanto que dependían del hombre y las bestias.

La revolución agrícola comenzó con la adopción del motor de combustión interna acoplándolo al tractor, allá por 1915. Ya hacia los años treinta había aparecido la máquina llamada “combinada”, una sola unidad que cruzaba el campo, recogía el trigo, lo trillaba, y embalaba la mies en bolsas, convirtiendo –prácticamente- la granja en una fábrica.



Hacia mediados del siglo XX, los tecnólogos agrícolas volvieron su atención al mar. La ciencia ya ha suministrado la base de las nuevas industrias que pueden emplear una variedad de formas de vida del mar. La exploración de las capas más profundas de los océanos, el estudio del plancton y otras formas simples y similares de la vida orgánica oceánica se han incrementado por la necesidad de elementos adicionales para alimentar a la población mundial que se multiplica con tanta rapidez.

El auge de las enormes ciudades

Las ciudades surgieron en la necesidad del hombre para comunicarse. Lewis Mumford escribió en *The City in History* (La ciudad en la Historia):

“La Ciudad es un receptáculo especial para almacenar y transmitir mensajes. El desarrollo de métodos simbólicos de almacenaje aumentó inmensamente la capacidad de la ciudad como recipiente; no solo albergaba un número mayor de personas e instituciones que ninguna otra clase de comunidad, sino que mantenía y transmitía una porción más grande de las vidas de ellas que lo que la memoria humana individualmente podía transmitir de palabra.”

L. Mumford

No obstante, el crecimiento de las ciudades fue comparativamente lento, su ritmo marcado por los cambios de la tecnología y culminando apenas ahora en el fenómeno dominante de nuestro siglo: la urbanización. Grandes ciudades, como Roma y Alejandría, existieron ya en la antigüedad, pero eran excepciones del patrón prevaleciente, como así fueron las medievales Londres, París y Florencia tiempo después. Hace un siglo, muchas famosas ciudades no contaban con más de unas decenas de miles de habitantes. Las enormes aglomeraciones contemporáneas de seres humanos surgieron con la llegada de las fábricas a los suburbios de las capitales y los grandes centros comerciales; hace doscientos años ninguna ciudad occidental excedía el millón de habitantes.

Las grandes ciudades y sus problemas

Las ciudades en todas partes tienen que enfrentarse hoy en día con una lista de males

comunes que surgen de las congestiones de gente dominada por las máquinas: el tránsito, los barrios mal diseñados, la contaminación del agua, la del aire, fallas en el abastecimiento de agua la creciente cantidad de desechos y residuos industriales, la polución causada por el ruido.

Algunos de estos horrores pueden ser reducidos o eliminados a través de ordenanzas y leyes adecuadas y nuevas adaptaciones de la tecnología. El problema del tránsito, que hoy es la maldición de los lugares más populosos, es muy antiguo. En el siglo XVI el pueblo francés de Salins se vio obligado a ordenar el tránsito en una sola vía prohibiéndose el estacionamiento de las carretas que venían a cargar la sal que se producía allí.

Cuando medidas similares, como las que emplean hoy las autoridades municipales y los planificadores de ciudades, resultan inútiles, al menos en teoría, los tecnólogos pueden suministrar los medios para el transporte de masas para sacar a grandes números de personas de las calles congestionadas.



Las ciudades necesitan agua...

En el caso del abastecimiento de agua, sin embargo, el tecnólogo puede tener que luchar contra limitaciones naturales fijas. Para el año 2000, las regiones industrializadas y pobladas densamente necesitaron alrededor de cinco veces la cantidad de agua que se consumía en 1900.

Es evidente que en muchos casos las provisiones naturales de aguas subterráneas serán insuficientes para hacer frente a la demanda, y la carestía resultante ya se siente en muchas regiones.

Los tecnólogos, por tanto, están comenzando a prestar mayor atención a la recuperación de aguas industriales y otras aguas corrientes, así como también poner fin a la contaminación del líquido.



Los ciudadanos necesitan agua potable...

En la antigüedad, grandes ciudades crecieron en relación con el abastecimiento natural del agua, y no había industrias que incrementaran la demanda. Por la misma razón, en la Edad Media y después, se prestaba poca atención al origen del agua, y las autoridades raramente intentaban regular su uso. No fue sino hasta que comenzó a comprender la relación existente entre la pureza del agua y la higiene, durante el siglo pasado, que las provisiones de agua se pusieron bajo la administración pública haciéndose disponible universalmente.

Aquí, nuevamente, la tecnología que requería estos sistemas complejos de abastecimiento de agua y los hacían posible, al mismo tiempo creó muchos de los problemas urgentes que los afectan; nuevas materias químicas, tales como los detergentes domésticos, no pueden eliminarse de las aguas industriales y corrientes a través de métodos bacteriológicos y químicos convencionales.



Aunque mucha agua contaminada o aguas que se desperdician de otros modos pueden recuperarse para agregarla a las provisiones, si se superan esos obstáculos políticos, ya se siente la necesidad urgente de hallar nuevas fuentes de abastecimiento. Recientemente, los

tecnólogos se han vuelto al mar; las primeras plantas atómicas de “desalinización” ya estaban en servicio en 1965.

La tecnología y la contaminación del aire

La ingeniería sanitaria y biológica también tiene que enfrentarse con problemas crecientes en cuanto a la contaminación del aire. Este es otro problema que han tenido que resolver las autoridades urbanas a través del tiempo.

En la antigüedad, a los que trabajaban en cueros y tintes se les obligaba a localizarse en las afueras de las ciudades debido a las molestias que causaban los orines y otras materias químicas malolientes que se empleaban en los talleres. En 1600, el hollín se agregó al mal olor a medida que se empleaba más carbón enviado desde Newcastle, en el río Tyne, a la ciudad de Londres.

La reina Isabel I rehusó entrar en la ciudad durante todo un año debido a la contaminación del aire y en 1661 John Evelyn dedicó su Fumifugium al rey Carlos II proponiendo desterrar las industrias a la orilla meridional del Támesis para poder luchar contra los “humos” de Londres, que afectaban tanto a los humanos como a los árboles y las casas.



Durante el siglo XX, el mal se ha agravado con el uso incrementado de carbón y petróleo en la industria, la calefacción de los hogares y edificios públicos. En este campo, los tecnólogos han ido delante de los investigadores; no solamente no hemos logrado reducir el promedio de la contaminación del aire, salvo en casos aislados, sino que sabemos poco de las enfermedades que causa el aire contaminado o empeoramiento de enfermedades latentes entre los habitantes de esas grandes urbes.

Basura: cada vez más y mas...

La recolección y disposición de los desechos industriales y la basura están asumiendo un primerísimo lugar en el temario de los problemas urbanos. La limpieza de las calles en manos de los municipios se inició hace apenas un siglo; en el siglo XVIII los gritos de “¡Cuidado!” todavía advertían a los peatones en cuanto al hecho de que se iba a lanzar la basura desde las ventanas altas a las alcantarillas descubiertas en el medio de la calle.

El problema de la basura no es simplemente que su cantidad está aumentando desproporcionadamente con el número de ciudadanos, sino que su índole se ha vuelto más y más variada. El cieno y los sedimentos de las cloacas y basureros de hace dos generaciones apenas contenían algo más que desperdicios de la cocina y cenizas de las estufas. Este material se podía convertir fácilmente en fertilizante comercial mediante una simple operación o se incineraba para usarlo en la construcción de carreteras.

La introducción de materiales nuevos en el hogar, particularmente los detergentes químicos insolubles y los recipientes de plástico, vidrio y metal, exigen ahora que la basura se seleccione.



La tecnología y los residuos urbanos

Esta complicación adicional con sus costos inherentes ha hecho de la conversión de mucha basura una operación de altísimo costo. Ahora disponemos de la recolección de basura bien organizada y mecanizada en sus sistema de transporte y también la limpieza de los alcantarillados, pero todavía no existe un buen método para disponer de lo que se recoge. Una conferencia en la Casa Blanca en 1966 dedicó buena parte de su atención al problema de disponer de los automóviles abandonados que se encuentran por todas partes en Estados Unidos y en números crecientes, ya que los antiguos métodos para convertirlos en chatarra se han vuelto asimismo carísimos; además, la producción anual de vehículos nuevos continúa estableciendo nuevos records.

...por delante tenemos aún más dificultades en cuanto a la disposición de los desechos industriales a medida que las sustancias radiactivas se vuelven más abundantes debido a la proliferación de las plantas de energía atómica y las industrias y laboratorios que usan sustancias radiactivas.



La tecnología ¿origen de los problemas o su solución?

Si los problemas mayores de las grandes ciudades no pueden relacionarse directamente con el cambio tecnológico, alguna relación es casi siempre visible. Hasta puede afirmarse que la tecnología fue lo que posibilitó la aglomeración de tantas personas en áreas tan pequeñas. Las generaciones pasadas relacionaban el crecimiento de sus ciudades con el progreso y fallaron en prever el deterioro físico y humano que las atravesaría con sus barrios hacinados y mal diseñados; fallaron también en tomar medidas para los espacios abiertos y áreas verdes que llenaran las necesidades de recreación y patrones modernos de trabajo y convivencia.

Ahora, algo tardíamente, la planificación del desarrollo urbano se ha vuelto universal, pero no se puede afirmar que haya tenido éxito total en ninguna parte.



Con frecuencia el pasado ata las manos de los planificadores, encerrados en los patrones existentes por previas instalaciones técnicas, tales como las cloacas, las tuberías maestras de agua y las líneas de comunicación.

¿Desperdicios o conservación?

Los tecnólogos, en muchos casos, han resuelto la manera de complementar los recursos nacionales limitados hallando medios de sustituir los materiales escasos con otros más abundantes. Esta ingeniosidad, sin embargo, casi siempre aparece cuando los seres humanos han dilapidado insensatamente los elementos abundantes que suministra la naturaleza.

El estaño, por ejemplo, un metal que aun en esta época es imprescindible para la maquinaria moderna, hoy no se halla más que en unos cuantos lugares, Malaya, Indonesia, Bolivia y el Congo. Las antiguas fuentes de estaño eran limitadas y los abastecimientos locales se agotaron rápidamente en las naciones occidentales. La búsqueda de fuentes ricas y nuevas de estaño, por parte de los mineros y herreros, se remonta a la antigüedad y fue uno de los primeros

factores en la difusión de la tecnología. Sin embargo, aunque en la actualidad tenemos que ir a lugares remotos a obtenerlo, una gran porción del estaño que se halla en la mina todavía se pierde debido a su manipulación descuidada y desperdicio.

*La enorme cantidad de estaño que se emplea para recubrir láminas de hierro, latas y otros recipientes acaba convertida en chatarra.
Esta es la conducta derrochadora de los modernos "creadores de desperdicios", como les ha llamado Vance Packard.*

Optimizar el uso de los residuos

En el aspecto positivo, los tecnólogos siguen creando nuevos procesos para trabajar los minerales de grado bajo que siempre se ignoran hasta que se agotan los de más alta ley.

A veces se pueden obtener materiales necesarios como residuos derivados de otras industrias; con frecuencia, algunos productos contaminadores contienen elementos valiosos.

Es decir que los tecnólogos, que tienen que asumir parte de la culpa de muchas depredaciones modernas, también se llevan el mérito de haber creado las condiciones que exigen que las naciones trabajen concertadamente.

Las medidas para impedir que se agoten los recursos naturales, para contrarrestar las consecuencias de las superproducciones locales y abrir el camino para la aplicación de las tecnologías avanzadas, tendrán que acompañar al esfuerzo de generalizar el alto nivel de vida en Occidente. Aunque esta acción es reciente, nuevos acuerdos e instituciones internacionales, como los organismos especializados de las Naciones Unidas, podrían ser el principio de un nuevo orden político que seguirá a la tecnología, traspasando las fronteras nacionales.

Predicciones para el futuro...

La biotecnología es la aplicación integrada de la bioquímica moderna, la microbiología y la ingeniería de procesos, que aprovecha, desde el punto de vista económico, la reacción de células vivas o componentes de células.

Ese año se logró, una recombinación ADN, es decir, la implantación de una cualidad hereditaria en material genético de una especie distinta.

*El interés en la biotecnología ha crecido rápidamente desde 1973, al descubrirse las posibilidades de la **manipulación genética**.*

La aplicación de la biotecnología es muy amplia: desde la farmacéutica, la agricultura y la ganadería (cultivo de nuevas plantas y cría de especies animales), la industria alimentaria (por ejemplo, edulcorantes y aditivos de sabor), el sector energético (por ejemplo, biomasa), la obtención de materias primas minerales y la producción de nuevos materiales sintéticos, hasta la eliminación de residuos.



Continúan las predicciones...

Tanto en la aplicación de la biotecnología como de la microelectrónica, se producirán profundas modificaciones en numerosos sectores. Estos cambios se desarrollarán en las siguientes direcciones:

a. Una creciente “desmaterialización” de la producción: para la creación de un determinado producto final se utilizará cada vez más energía y menos materia prima. Para la industria alimentaria se utilizarán menos fertilizantes y menos espacio de cultivo. La posibilidad de aprovechar residuos será cada vez mayor.

b. La *industrialización del agro*: la cadena de producción agropecuaria se parecerá cada vez más a la de la industria. La producción agrícola comienza en el laboratorio con el desarrollo genético-tecnológico de las propiedades deseadas para el vegetal, y acaba en su aprovechamiento industrial.

c. La *creciente posibilidad de sustituir materias primas*: las materias base para la producción industrial biotecnológica son intercambiables entre sí. Esto significa que a partir del petróleo, gas, maíz, papas, madera, paja, desperdicios e incluso material fecal pueden producirse, en principio, los mismos productos finales.

La biotecnología y el comercio mundial

En los años 90 y siguientes, la biotecnología influyó sobre la estructura del comercio mundial y sobre la división internacional del trabajo en forma tan persistente como lo hizo pocos años antes, la microelectrónica.

Esto se aplica, sobre todo, al comercio entre los países capitalistas desarrollados. Los efectos tuvieron mayor influencia sobre el comercio de los países en vías de desarrollo.

Actualmente la creciente automatización en los países industrializados disminuye la ventaja competitiva que tienen los países en desarrollo, basada en sus bajos salarios. Esto provoca que muchos países en vías de desarrollo insistan en su función de proveedores de materias primas.



Pero justamente esto peligra por la utilización de la biotecnología en el futuro inmediato.

La biotecnología y los países más pobres

La “desmaterialización” de la producción promovida por la biotecnología, la industrialización del agro y la creciente posibilidad de sustituir materias primas reducen la demanda de productos de exportación en los países en desarrollo y debilitan por lo tanto su posición para comerciar.

La biotecnología puede también contribuir a paliar varios de los importantes problemas que aquejan a los países en desarrollo (alimentación, aprovisionamiento de energía, salud) y a reducir su independencia de las importaciones.



Sin embargo, debido a los problemas particulares que presenta la transferencia de tecnología en este campo, las consecuencias positivas recién podrán comprobarse cuando se conozcan

sus consecuencias negativas. La aplicación de la biotecnología amenaza por lo tanto no solo con aumentar la dependencia tecnológica de los países en desarrollo, sino también con agudizar los problemas que presenta su balanza comercial.

Tecnologías para varios mundos

En cualquier lugar que busquemos, fuera del mundo occidental, tenemos que enfrentarnos a una variedad de sistemas tecnológicos que son menos dominados por la máquina y menos penetrantes que los que condicionan a nuestra sociedad.

La calidad de la vida en las naciones no occidentales ha sido determinada por pensamientos filosóficos y religiosos que asignan a la ciencia y la tecnología un espacio diferente y menos importante. Algunos aspectos de la vida moderna en estas civilizaciones pueden parecerse a etapas más tempranas por las cuales pasó nuestro propio mundo, pero como recordó Lord Ritchie-Calder, la cosa no es que “tratamos y no funcionó”, sino más bien notar que en términos de su propia cultura “lo intentaron y salió bien”.

Se argumenta que podemos evitar un gran desastre de nuestra civilización, solo recurriendo a las técnicas modernas para eliminar las consecuencias de la explosión demográfica y la disminución de los recursos naturales. Muchos de los dirigentes de las naciones en desarrollo se dirigen a los países más poderosos en busca de asesoramiento científico y tecnológico y una parte de su abundancia material y financiación para su desarrollo.

El mundo se ha vuelto más pequeño como resultado de nuestro progreso tecnológico, y los pueblos, en consecuencia, son interdependientes.



Tecnología de ricos y de pobres

El problema es que esta tecnología de las naciones más poderosas está muy lejos de ser neutral en el sentido cultural. Es el producto de ideas occidentales y de juicios sin los cuales muchos de los impulsos que la guían carecerían de significado.

Dicha tecnología ha servido para el propio desarrollo de esos países centrales, pero probablemente no se adecue a otros pueblos, con demandas diferentes y recursos más modestos. Hemos visto cómo la repentina invasión de la tecnología occidental en una cultura antigua puede conducir, incluso, al colapso de la estructura social de las cuales depende tal civilización.

La industrialización de los países subdesarrollados puede tener el efecto negativo de hacer más rica a la pequeña minoría de gente rica, y más pobre a la gran masa de gente pobre.



Podemos señalar muchos fracasos en la síntesis de otras culturas y métodos occidentales, sin tener que ceder ante tendencias generalmente desastrosas de ambas partes para convertirlas en sociedades tecnológicas al estilo occidental.

¿Tecnología del imperialismo o tecnología solidaria?

Un efecto de la tecnología occidental ha sido el de ampliar continuamente la diferencia económica existente entre las naciones desarrolladas y las subdesarrolladas.



Su introducción poco a poco en otras partes podría llegar a crear nuevas distancias entre las naciones más o menos desarrolladas, con previsibles consecuencias políticas.

La planificación de cualquiera “emigración de procesos industriales” tiene que tomar en cuenta la situación que pudiera existir en los países más pobres a través de un cierto período. Por lo general, el Occidente acepta el principio de que la industrialización debe orientarse hacia un mejoramiento significativo en el nivel de vida de todos los ciudadanos, no obstante, no siempre ha logrado lo que buscaba al poner este principio en práctica, tanto en el propio país como en el exterior.

Para la tecnología, el mundo es uno solo

También debemos reconocer que nuestras industrias modernas se han desarrollado de manera tal que ya no son económicamente viables, tan solo con los mercados locales.

Las facilidades del transporte que unen a mercados cada vez más crecientes, el flujo de productos cada vez más organizado y los mismos productos (cada vez más sofisticados), son todos factores que han venido acompañando a la industrialización del mundo occidental. Todos estos son temas relevantes que se deben tomar en consideración.

De lo contrario, podríamos destruir la estructura social local de manera tan brusca como para hacernos recordar “... los negros molinos satánicos” de Blake en un fondo nuevo y recrear la clase de miseria industrial que tuvo lugar en muchas partes de Europa durante el siglo XVIII.



La transferencia de tecnología

El desarrollo ordenado de la tecnología en cualquier país tiene muchos aspectos de crecimiento natural. La simple transferencia de formas modernas y altamente perfeccionadas de la tecnología, no es posible ni deseable.

De forma creciente, la alta tecnología contemporánea debe considerarse como una serie de sistemas más bien que de máquinas; y es algo que exige una profunda educación y no solamente un simple adiestramiento.



El punto más importante de la moderna tecnología es que suele eliminar el acto creador de la manera que lo ha llegado a dominar el artesano hábil; así, pues, para estos recién llegados a la Revolución Industrial, como fuera para los tejedores y tintoreros de la Inglaterra del siglo XIX, lo que está en juego no es solo la manera de ganarse la vida, sino también su autonomía y libertad personal, social y nacional.