



Universidad
Politécnica
de Madrid



INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA

NOTAS DEL CURSO

“Introducción a la Ingeniería”

1. Concepto de tecnología. Ingeniería

Profesor: Vicente Ortega
Octubre 2003
GTIC

¿Qué es la tecnología?

Un conocido filósofo de la tecnología, M. A. Quintanilla, ha escrito:

“La tecnología moderna, a partir de la Revolución Industrial, configura de forma decisiva todo el ámbito de la experiencia humana: altera la realidad, nuestra forma de representarla y explicarla y nuestros criterios para validarla” [Quintanilla, 1988].

Frase, que tiene bastante parecido con la que otro filósofo, José Ortega y Gasset, escribió en 1932, relativa a la técnica:

“Lo que nadie puede dudar es que, desde hace mucho tiempo, la técnica se ha insertado entre las condiciones ineludibles de la vida humana de suerte tal que el hombre actual no podría, aunque quisiera, vivir sin ella. Es pues, hoy, una de las máximas dimensiones de nuestra vida, uno de los mayores ingredientes que integran nuestro destino” [J. Ortega y Gasset, 1932].

Estas dos citas nos llevan a pensar en, al menos, dos cosas: una, que la tecnología es algo muy importante en la configuración de la sociedad actual; y dos, que no hay mucha diferencia entre los conceptos de técnica y tecnología. Así es en efecto y en el lenguaje corriente se usan indistintamente con frecuencia las mismas palabras: técnica y tecnología, para referirse a las mismas actividades. Sin embargo, si queremos ser un poco más precisos, hemos de reconocer que no son la misma cosa.

Por un lado, hemos de señalar que el uso común de la palabra tecnología es más moderno que el de la palabra técnica. En Europa comienza a usarse a finales del siglo XVIII y en España hace cuarenta años. Apenas se identifica a ninguna persona como “tecnólogo” siendo, en cambio, muy habitual denominar como técnico a quienes están relacionados con la actividad técnica e incluso con la tecnología. Nadie llamaría tecnólogo a un entrenador de fútbol, a un experto en el manejo de máquinas o instrumentos complejos.

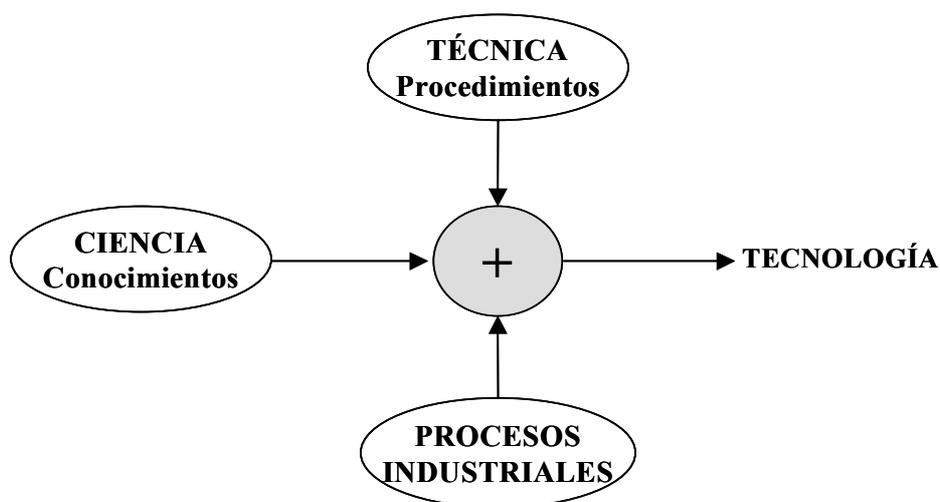
Por otro lado, la palabra tecnología parece más culta, más científica que la palabra técnica, que añade a ésta conocimientos y teorías más complejas y elaboradas que requieren normalmente estudios superiores.

Si del sentido común pasamos a acepciones más eruditas, leemos en el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia que tecnología es “*el conjunto de los conocimientos propios de un oficio o arte industrial*” mientras que para la técnica indica que es “*el conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o arte*”.

Etimológicamente, tecnología es el estudio racional de la técnica o como se entendía al final de la Edad Antigua “la ciencia” tratada según las normas del arte (técnica).

Parece claro, pues, que a las características que definían la técnica clásica, tales como pericia, habilidad, manejo de instrumentos y máquinas, con un conjunto sistematizado de procedimientos, la tecnología añade el conocimiento científico. Teniendo en cuenta que la ciencia experimental nace en el siglo XVII y que la ciencia comienza a aplicarse a los procesos industriales a partir del siglo XIX no debe sorprendernos la modernidad en el uso de esta palabra, y dada su estrecha conexión con la ciencia experimental por un lado y con la técnica por otro nos podemos explicar el carácter anfíbológico del término tecnología. A este carácter, que implica doble sentido, más de una interpretación o vicios de la palabra, contribuye también la utilización interesada de la palabra, ya que la actividad tecnológica –política, económica, industrial, ambiental, etc.- ha adquirido tal importancia en nuestra época que otras muchas actividades que poco tienen que ver con la tecnología recurren a esta denominación para valorar más su función. Finalmente, cabe señalar que la poca utilización de la palabra tecnólogo se debe sin duda a que, como comprobaremos posteriormente, la tecnología es, principal aunque no únicamente, la ingeniería.

La tecnología surge, pues, de la aplicación de los conocimientos científicos a los procedimientos y sistemas técnicos y lo hace en relación con los procesos industriales, tal como se esquematiza en la figura siguiente:



La relación tecnología-procesos industriales parece clara y era la más conocida y aceptada. Sin embargo, el propio concepto de industria de fábrica, ligado al “hardware”, a lo material, ha cambiado bastante. Aunque siguen y seguirán existiendo industrias y fábricas con una actividad y una importancia económica grande, cada vez cobran más importancia las “industrias” de lo inmaterial, industrias del “software” entendida esta palabra en sentido amplio.

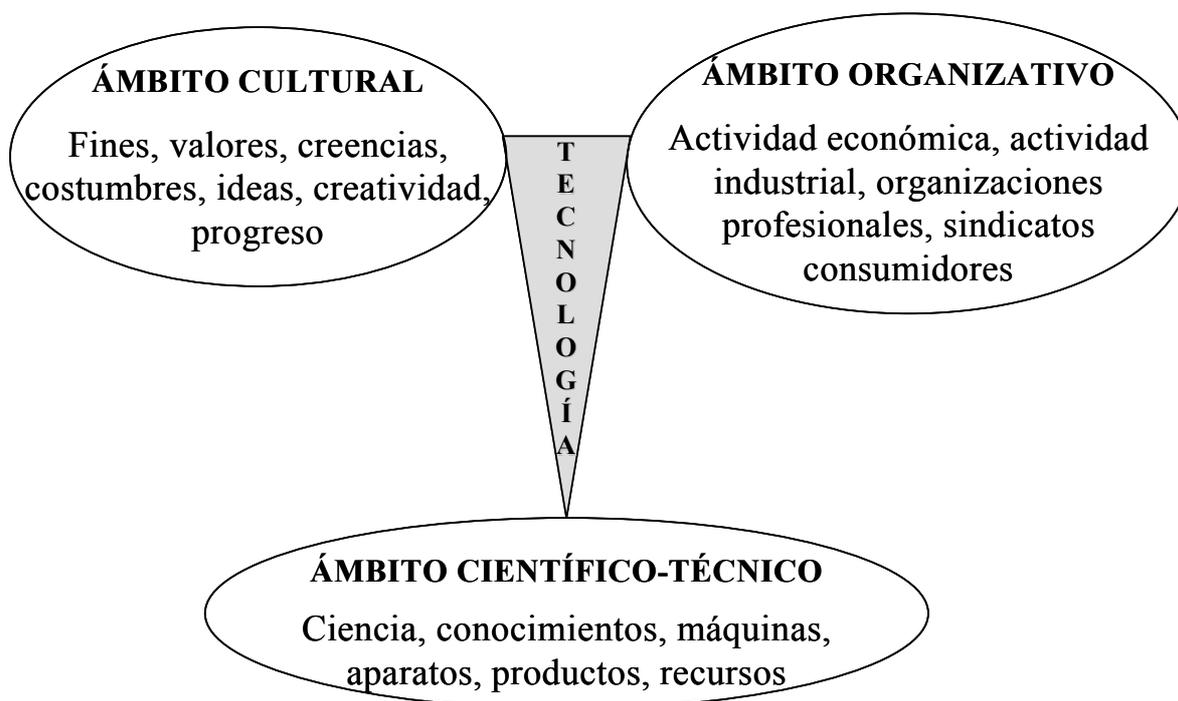
Hoy se habla con propiedad de Tecnología del Software y la actividad científica y empresarial en este sector es importantísima y creciente y su influencia sobre prácticamente todos los ámbitos de la actividad humana es enorme. Y se habla – hablaremos más adelante- de Tecnologías de la Información y de la Comunicaciones,

sector que lleva camino de convertirse en el primero en cuanto a actividad económica, por delante de sectores tradicionales como el de la energía o el de automóviles, y desde luego de mucha más influencia social que los citados.

El término “industria” o “procesos industriales” se queda pues corto y hemos de ampliarlo a empresas y organizaciones dedicadas cada vez más al sector terciario – servicios- y a los que se ha dado en llamar sector cuaternario de la información.

Por otro lado, durante cierto tiempo predominó un tipo de discurso interesado que hacía de la tecnología algo amoral, desprovisto de valores, como un instrumento neutral que podía ser aplicado para bien o para mal. Las consecuencias desastrosas de un uso indiscriminado de la tecnología han hecho que se preste una atención cada vez mayor a la planificación de la tecnología y a su relación con el entorno social, con las creencias, con los valores, con el nivel de vida, con el medio ambiente, con las costumbres, etc.

Por lo tanto, las actividades abarcadas por el concepto de tecnología se amplían, incluyendo conocimientos y tareas que van mas allá del estricto concepto técnico instrumental y material o fabril, comprendiendo un nuevo tipo de empresas, servicios y organizaciones. De acuerdo con ello, la tecnología comprendería tres ámbitos, tal y como se indica esquemáticamente en la figura:



Así pues, en un sentido muy amplio, la tecnología puede ser definida como *la aplicación del conocimiento científico y de los procedimientos técnicos a la realización de tareas prácticas por medio de sistemas organizados que comprenden personas y organizaciones, seres vivos y máquinas.* (Pacey, 1983)

El ámbito científico-técnico es el aspecto considerado actualmente por excelencia como el tecnológico, pero sólo cuando se le suman los otros dos ámbitos que hacen referencia a la actividad económica y social y al mundo cultural, quedaría definida la tecnología en su sentido más amplio. Dependiendo de qué ámbito se destaque más, tendremos al economista, al ingeniero y al sociólogo u otros profesionales. No obstante, la principal actividad tecnológica es llevada actualmente por los ingenieros, que reúnen, o deben reunir, aspectos de los tres ámbitos señalados, como se verá a continuación.

¿Qué es la ingeniería?

Tratando de descender de lo general a lo particular, podemos empezar con una definición generalista, según la cual, la ingeniería es *el arte (técnica) de transformar las materias primas y usar las fuentes de energía de la naturaleza para la producción de bienes y servicios para el bienestar del hombre*, definición sin duda bella –como todas las generales- que colocaría al ingeniero como “sumo transformador” del mundo material de la naturaleza hostil y difícil al hombre cuyo encargo de dominación, una vez creada, aparece en el Génesis:

Procread y multiplicaos
y henchid la tierra
y sojuzgarla, y dominad
en los peces del mar
y en las aves del cielo,
y en todo animal
que se mueve sobre la tierra

[Génesis, 1,28]

Definición que también coincide, en un sentido general, con la consideración filosófica de la técnica como reforma de la naturaleza para lograr el bienestar del hombre, como se verá posteriormente. No hace falta mucho esfuerzo para considerar comprendido dentro de la definición anterior al ingeniero naval que diseña, proyecta y construye unas máquinas –barcos y buques- que transforman y usan recursos naturales –viento, agua, carbón, uranio, madera, metales, etc- para procurar al hombre un medio de desplazamiento útil para la exploración, el comercio, el placer, la conquista y la guerra; o al ingeniero en hidráulica que diseña, proyecta y construye presas y pantanos que regulan los cauces naturales de los ríos para suministrar servicios de riego, o agua potable, o electricidad, que sirven al hombre para aumentar sus cosechas de alimentos, para beber y para su higiene o para alumbrarse y enchufar el receptor de televisión.

De acuerdo con la definición anterior, y aunque del tema nos ocuparemos con extensión más adelante, la ingeniería sería una actividad tan antigua como el hombre mismo y tan ingenieros serían los antiguos egipcios que construían pirámides, como Fernando Lessep, que siglos más tarde construiría muy cerca de esas pirámides el canal del Mar Rojo.

La ingeniería también ha sido definida como *la aplicación creativa de los principios científicos al diseño y desarrollo de estructuras, máquinas, aparatos y procesos de fabricación, y al manejo de todo ello con un buen conocimiento de sus usos y propiedades, pudiendo predecir su funcionamiento bajo condiciones específicas de trabajo.*

Esta definición es cierta pero incompleta. Contempla a un ingeniero ligado a la máquina (en la acepción más amplia de la palabra), a la construcción, a la producción. Es una definición que entronca con el ingeniero británico de la primera revolución industrial, como demuestra la descripción de objetivos y funciones que el Instituto de Ingenieros Civiles de Inglaterra hizo en 1825 describiendo la ingeniería como “... *el arte de tratar las fuentes energéticas de la naturaleza para el uso y beneficio del hombre haciendo posible el control y tráfico de mercancías construyendo carreteras, puentes, acueductos, canales, presas, puertos, maquinaria y sistemas de limpieza, alcantarillas y servicios públicos en ciudades y pueblos ...*”. Obsérvese el énfasis que se pone en la construcción y no debe sorprender que se refiera a actividades que caen fundamentalmente dentro de lo que en España, siguiendo la denominación francesa, se denomina Ingeniería de Caminos, Canales y Puentes y cuya denominación internacional es la de Ingeniería Civil. Anotemos, sin embargo, la referencia a “servicios públicos en ciudades y pueblos” que como veremos pronto, da una nueva dimensión a la ingeniería, más ligada a las tareas de gestión y planificación de recursos y sistemas complejos; a las de administración de servicios de tipo fundamentalmente técnicos; a las técnicas de organización y dirección de empresas, preferentemente industriales.

Tareas pues de gestión, planificación, administración, organización y dirección, que no implican necesariamente la construcción de máquinas y que sin embargo, son funciones típicas de un ingeniero de nuestros días.

Y no sólo de nuestros días, sino también de hace más de un siglo, como podemos ilustrar, esta vez con un ejemplo español, con la descripción de atribuciones que un Real Decreto del año 1855 confería a los ingenieros industriales. Decía así: “... los títulos creados demuestran de tal modo la idoneidad y aptitud de los ingenieros industriales mecánicos y químicos que, según la clase especial, los emplearía el Gobierno a igualdad de circunstancias en las líneas telegráficas; en la inspección de las estaciones, máquinas, aparatos de los caminos de hierro; en el reconocimiento de depósitos, tuberías y distribución de gas para el alumbrado; en el examen de los establecimientos insalubres; en las fundiciones por cuenta del Estado; en las inspecciones químicas establecidas en las aduanas y, finalmente, en todas las operaciones periciales que requieren el conocimiento de la teoría y práctica de la química y de la mecánica aplicada a las artes industriales, a los talleres y a las fábricas, a los aparatos y a las máquinas de todas clases...”.

En esta descripción y frente al ingeniero de fábrica, al constructor, está el ingeniero de servicios que se encarga de la planificación, organización, explotación e inspección de sistemas complejos compuestos por máquinas y estructuras que a su vez, otros ingenieros han proyectado, diseñado y construido.

Transformación de materias primas, producción de bienes y servicios, planificación y explotación de recursos y servicios, bienestar social, etc. Va quedando perfilado el concepto de ingeniería, pero aún le queda una dimensión importante: la economía. Recuerdo haber leído en algún libro o artículo la frase: “un ingeniero es una persona capaz de hacer por una peseta lo que un no ingeniero haría por cien”, frase que con su simplicidad indica que además de hacer que una cosa funcione, debe hacerse lo más barata posible. Dos receptores de televisión que funcionan exactamente igual pero que uno de ellos cuesta la mitad que el otro, pone de manifiesto que en alguno de los procesos que condujeron a su construcción y venta final al mercado no se tuvieron en cuenta, o se tuvieron mal, los criterios de optimización económica. Un factor, el económico, que por no ser suficientemente considerado da muchas veces al traste con un producto técnicamente bueno.

Uniendo los diversos conceptos y aspectos parciales descritos anteriormente, podemos definir la Ingeniería como: *“La actividad profesional que consiste en la aplicación creativa de los conocimientos científico-técnicos a la invención, desarrollo y producción de bienes y servicios, transformando y organizando los recursos naturales para resolver necesidades del hombre, haciéndolo de una forma óptima, tanto económica como socialmente”*.

El término “actividad” se refiere al conjunto de operaciones y tareas que desarrolla una persona, operaciones que pueden ser tanto físicas como mentales. Por profesión se entiende el empleo, facultad u oficio que una persona tiene y ejerce públicamente. Desde este punto de vista, podría interpretarse que la ingeniería es una profesión ejercida únicamente por personas que tienen título de ingeniero, cosa no del todo exacta, ya que no debe confundirse título académico con profesión, aunque en la mayor parte de los casos se corresponda.

De la definición anterior podemos distinguir tres aspectos: la aplicación de los conocimientos científico-técnicos, la resolución de necesidades y la optimización económica y social

Aplicación creativa de los conocimientos científico-técnicos

En ésta una de las facetas que configuran la ingeniería moderna a partir del siglo XIX y sobre todo en el XX y que relaciona la ingeniería con la ciencia experimental.

El ingeniero tiene que conocer los principios y métodos científicos básicos –física, química, matemáticas, informática, economía, etc.- generales a cualquier ingeniería, y los más particulares propios de su rama – electrónica, teoría de la señal, computación, etc., en el caso de Telecomunicación- por, al menos, dos motivos: uno, para trasladar ese conocimiento a la producción y construcción de máquinas, equipos, estructuras, etc.; y dos, para utilizarlos como herramienta imprescindible en el diseño y desarrollo de esos bienes y los servicios que se derivan de su uso.

La labor del ingeniero no es “producir” el conocimiento científico, sino comprenderlo una vez que existe y aplicarlo de una forma creativa a través de la *innovación* que

puede tener tres facetas: obtener un nuevo producto, mejorar lo producido y reducir el precio de la producción, para lo cual tan importante o más que el producto son los procesos de fabricación y comercialización.

Un ejemplo nos ayudará a entender donde acaba la ciencia y empieza la ingeniería. Sobre las bases que establecieron Oersted, Ampere y Arago, entre otros, Faraday formuló, en 1831, el descubrimiento de la inducción electromagnética afirmando que “si un cable se mueve de modo que corte una curva magnética, entra en acción una fuerza que tiende a producir una corriente eléctrica a través del mismo”. Faraday, un científico, sabía la enorme importancia potencial de su descubrimiento, el cual prometía producir electricidad en cantidades superiores a las posibilidades de la máquina de fricción y de las baterías voltaicas, y así cuando el entonces Ministro de Hacienda británico, William Gladstone, en el curso de una visita al laboratorio de Faraday, le preguntó a éste: “Pero, después de todo, ¿para que sirve? Faraday le contesta: “Para que un día, señor, pueda usted obtener impuesto de ella”. Sin embargo, Faraday no tenía interés en la explotación comercial del invento. Ni siquiera se molestó en patentarlo. Quería dejar la aplicación práctica a otras personas y al efecto declaró: “Más bien, deseo descubrir nuevos hechos y nuevas relaciones dependientes de la inducción electromagnética que exaltar el valor de los ya obtenidos, puesto que es seguro que los mismos serán completamente desarrollados más tarde”.

Y así fue, y mientras los científicos seguían perfeccionando y aumentando los principios (hasta llegar a J.C. Maxwell en 1864), otros hombres prácticos (ingenieros) comenzaron a ensayar y aplicar el principio de inducción a la consecución de máquinas que generaran electricidad de forma más cómoda y más barata que con los procedimientos existentes hasta entonces. Entre éstos, dos de los más conocidos fueron el alemán Werner Siemens (1816-1892) y el norteamericano Thomas A. Edison (1847-1931). Al primero se le considera el inventor de la dinamo, invento que comunicó a la Academia de Ciencias de Berlín en 1867. Esta máquina electromecánica transformaba el trabajo mecánico en energía eléctrica y viceversa. Siemens fundó una empresa que fabricó dinamos, locomotoras eléctricas, tranvías, etc..., empresa que sigue existiendo en la actualidad y es una de las grandes empresas europeas en el campo de la electrónica, de la informática y de las telecomunicaciones.

Tomas A. Edison, a la sazón telegrafista, leyó cuando tenía 21 años la obra de Faraday “Experimental Researches in Electricity” quedando fascinado por la misma y por la gran cantidad de aplicaciones que allí se sugerían. Además de sus numerosas patentes de aparatos telegráficos y del fonógrafo, Edison patentó en el año 1879 una dinamo –la desgarrada May Ann, o la “Máquina Farádica”, como él llamaba- de alto voltaje y gran rendimiento con la que alimentó sus primeras lámparas incandescentes. Como en el caso de Siemens, también Edison fundó una empresa: la Edison Electric Light Company que producía y comercializaba sus inventos y sistemas, empresa que fue el germen de la actual General Electric Cpy.

Existen otros muchos ejemplos de aplicación de conocimientos científicos a la producción de bienes y servicios, de los cuales examinaremos algunos más adelante y que en cualquier caso invito al lector a buscar por su cuenta, e incluso a profundizar en

estos dos aquí mencionados, como ejemplos típicos de ingenieros que unen su condición de inventores a la de hombres de empresa.

Resolución de necesidades y reforma de la Naturaleza

En el libro “Meditación de la técnica”, ya mencionado, el filósofo Ortega y Gasset hace una excelente interpretación de la técnica que considero interesante resumir, intentando al tiempo despertar la curiosidad del alumno para que lea y medite el libro citado.

La técnica es la reforma de la naturaleza para lograr el bienestar del hombre. La naturaleza, entorno donde vive el hombre, ofrece a éste facilidades y dificultades. Existe el Sol, fuente de energía por excelencia; existe la Tierra, con sus recursos minerales y vegetales; existe el Agua, imprescindible para la vida humana; existe el Aire, sin el cual no habría vida animal ni vegetal; y existen otros elementos que permiten la existencia de la vida, el estar. Pero estos recursos no están repartidos por igual en todo el planeta, ni su aprovechamiento allí donde existen resulta siempre fácil. Un océano es una fuente de recursos pesqueros enorme, pero si no se dispone de medios para la navegación y la pesca no sirve para nada. A poco que piense, el lector encontrará numerosos ejemplos de esta doble función: facilidad-dificultad, que la naturaleza presta al hombre.

Si todo fueran facilidades, viviríamos en el Paraíso y no necesitaríamos de la técnica para ser felices. Si todo fueran dificultades no se podría vivir y por lo tanto tampoco habría técnica. Y con ambas cosas presentes, sin la técnica el hombre habría quedado reducido a una especie animal que solo sobrevive si se adapta al entorno en el que vive. Pero el hombre posee una capacidad para pensar –homo sapiens- y una capacidad para hacer –homo faber- que le lleva no solo a querer estar, sino a desear bienestar y por ello modifica el entorno en que se encuentra para adaptarlo a sus necesidades y deseos. La técnica, reforma de la naturaleza, implica, pues la adaptación del medio al sujeto, lo cual supone un movimiento en dirección inversa a todos los biológicos, en los cuales es el sujeto el que se adapta al medio. Los animales no son seres técnicos, se contentan con estar.

La reforma de la naturaleza la lleva a cabo el hombre mediante la realización de una serie de “actos técnicos” que pretenden:

1. Asegurar la satisfacción de sus necesidades, empezando por las más elementales.
2. Lograr la satisfacción con el mínimo esfuerzo, liberando al hombre de tareas repetitivas y fatigosas que le permitan.
3. Crear posibilidades completamente nuevas que desarrollen la sobrenaturaleza artificial.

Si el hombre siente hambre necesita comer. Alimentarse es un acto natural y en el paraíso bíblico esta necesidad quedaba satisfecha sin más. Pero no existen paraísos y para alimentarse el hombre primitivo caza, lo cual ya supone el uso de unas herramientas o armas elementales y una cierta táctica. Es decir, cazar ya es un acto técnico elemental. En un estadio un poco superior, el hombre siembra, recolecta y

elabora los alimentos, actos indiscutiblemente técnicos y no naturales. Luego construye sistemas de riego llevando el agua adonde no la hay, transporta excedentes a regiones donde no existen los alimentos, construye máquinas que eliminan esfuerzo físico y mejoran el rendimiento, inventa sistemas de almacenamiento, conservación y distribución de semillas y alimentos. Y finalmente produce alimentos totalmente sintéticos o artificiales, de modo que podemos afirmar que desde el punto de vista técnico, la necesidad primaria de alimentarse ha quedado resuelta a través del desarrollo de un conjunto cada vez más complejo de actos técnicos que hoy constituyen un área científica y tecnológica de enorme importancia mundial. Sin duda, alguien podrá objetar que hay zonas del mundo donde existe el hambre. Así es, pero la resolución de ésta necesidad no es de índole técnica sino política.

Desplazarse también puede considerarse una necesidad elemental. Para huir de una catástrofe, para buscar alimentos, para cazar, el hombre necesita moverse de un lugar a otro y, para ello anda o corre, es decir, realiza actos naturales. Explorar nuevas tierras, conquistar nuevos dominios, son actividades donde se pueden mezclar necesidades y deseos. Descubrir continentes era más un deseo que una necesidad perentoria.

Poco habría conseguido la humanidad solo con el acto natural de andar, si no hubiera sido con actos técnicos con los cuales va creando vehículos y artefactos –desde la rueda al ferrocarril, desde la canoa al trasatlántico- con los cuales colma primero sus necesidades y luego sus deseos.

Y volar, ¿era necesario?. Sin duda, no. Sin embargo siempre soñaron con el vuelo y todas las religiones y mitologías expresan ese deseo: los ángeles del cristianismo, mensajeros a distancia; dioses vikingos como Locki y Freyja que adquirían formas de aves para viajar; o el conocido mito de Dédalo. Éste último era considerado por los griegos el mayor de los artesanos e inventores entre los mortales. Encerrado en una isla junto a su hijo Ícaro por el rey de Creta, Minos, el artesano confeccionó unas alas con cera y plumas y aconsejó a su hijo que no volara cerca del sol, pero en cuanto se lanzaron al aire, Ícaro olvidó el consejo, se fundió la cera de las alas y cayó al mar, que desde entonces lleva su nombre. ¡Buena lección sobre los límites de la soberbia técnica! La alfombra mágica de las Mil y Una Noches, las botas de siete leguas y tanto otros cuentos y leyendas son expresiones inequívocas del deseo de volar, de imitar a las aves, de vencer un obstáculo de la naturaleza. Roger Bacon (1214-1294) uno de los primeros profetas del desarrollo tecnológico, ya anticipó algunas profecías sobre el vuelo, y el genial Leonardo Da Vinci (1452-1519) diseñó artefactos para volar y estudió el vuelo de las aves. Tuvieron que pasar varios siglos hasta que en 1903 los hermanos Orville y Wilburg Wright realizaron los primeros aviones comerciales y desde entonces hasta hoy se han ido desarrollando diversos tipos de aeronaves que permiten un tráfico aerocomercial mediante el cual se desplazan personas y mercancías a velocidades grandes, con comodidad aceptable y con costes asequibles.

A veces las *necesidades* son evidentes, *son sentidas*, sobre todo cuanto más básicas, primarias o perentorias son. A veces se encadenan y la resolución de un problema conduce a la necesidad de resolver otros, en principio no tan aparentes. Otras veces, muchas en nuestro siglo, el deseo de poseer algo, de utilizar algún artefacto surge después de la invención. Podríamos hablar entonces de *necesidades creadas*. Como

decíamos antes, una vez resueltas y satisfechas las necesidades y los deseos más primarios, la técnica crea posibilidades completamente nuevas que una vez conocidas, despiertan nuevos deseos de modo que lo que para un aldeano de una tribu amazónica puede ser superfluo, para un ciudadano de Madrid puede ser necesario, con lo cual tiene sentido la frase de Ortega y Gasset de que “la técnica es la producción de lo superfluo”.

¿Fue inventada la televisión como resultado de una necesidad sentida por la sociedad? Claro que no. Estamos ante un caso, como tantos otros, en que el anhelo y el esfuerzo de muchos individuos culminan en una innovación que una vez conocida por la sociedad va penetrando en la misma hasta convertirse en necesidad, por delante, incluso, de otras necesidades más primarias.

La segunda mitad del siglo XIX fue pródiga en interés por los fenómenos eléctricos y en inventos relacionados con los mismos. En Europa y en Estados Unidos muchos científicos e ingenieros elaboraban teorías, realizaban experimentos e inventaban artefactos. Para una reducida parte de la sociedad, la electricidad jugó en la segunda mitad del siglo XIX un papel parecido al que la mecánica en la segunda mitad del siglo XVIII. Transmitidos los signos alfanuméricos a distancia a través del telégrafo, transmitida la voz a distancia a través del teléfono, no debe extrañarnos que hubieran a uno y otro lado del Atlántico numerosos “técnicos soñadores” que pensaran como transmitir eléctricamente imágenes a distancia. No es este el momento de hacer una historia, aunque breve, de la televisión. Señalemos únicamente que desde aproximadamente 1862 hasta después de la Segunda Guerra Mundial, primero las imágenes fijas facsímil de Caselli, Senlecq, Belin o P. Nipkow o las móviles de J.L. Baird, AT&T o Telefunken, no se implantó comercialmente un poderoso sistema de comunicación de masas del cual no pueden prescindir los políticos para su propaganda, las grandes empresas para su publicidad y los individuos para su entretenimiento o evasión. Estamos pues, repito, ante un caso evidente de necesidad creada.

Caso distinto, sin duda es el desarrollo de la máquina de vapor. A finales del siglo XVII, el consumo de madera en Gran Bretaña era enorme pues, además de su uso como combustible propio y transformado en carbón de leña para la fundición del hierro, se usaba como material de construcción de viviendas, como maquina herramienta, como utensilio y para la construcción de los barcos de la Real Flota. De haber seguido aquel ritmo de uso en poco más de un siglo se habría desforestado Inglaterra. Una solución inicial era sustituir la madera por el carbón mineral como combustible y desarrollar a su vez la incipiente industria siderúrgica para utilizar el hierro como material de construcción. El carbón era muy abundante en Gran Bretaña pero su extracción presentaba el problema del achique de agua en las galerías de las minas. En minas poco profundas esto se resolvía con bombas manuales o accionadas por caballos o norias hidráulicas. Pero a medida que se profundizaba más, estos sistemas eran poco eficaces. Por otro lado, los experimentos de accionar resortes con la presión del vapor de agua eran conocidos desde la publicación de la “Neumática” de Herón de Alejandría sin que hasta entonces el uso del vapor hubiera pasado de curiosidad o juego. Una necesidad sentida y urgente orientó el esfuerzo y el ingenio de unos primitivos ingenieros mecánicos que desarrollaron la “máquina atmosférica” (T. Savery, T. Newcomen) para bombear el agua de las minas y que condujo poco después a la máquina de vapor de J. Watt, símbolo de la revolución industrial.

¿Qué impulsa actualmente la investigación y el desarrollo de las llamadas energías renovables (solar, térmica, biomasa) o de la fusión nuclear sino la necesidad de sustituir los combustibles sólidos no renovables, contaminantes y peligrosos?

Necesidad, deseos, anhelos, sueños ..., etc., todo ha jugado y seguirá jugando un papel importante en el desarrollo de la técnica. En la búsqueda del bienestar, la reforma de la naturaleza, como todo cambio o mutación, es un movimiento con sus dos términos: “a quo” y “ad quem”. El término “a quo” es la naturaleza según está ahí. Para modificarla hay que fijar el otro término hacia el cual se va a conformar. El término “ad quem” es el programa vital del hombre, sus deseos. La técnica resulta ser así una función de la variable “programa humano” por lo que querer estudiar la técnica como una entidad independiente desprovista de valores, como si estuviera dirigida por un vector único conocido de antemano es un error grave. Distintos pueblos, diferentes civilizaciones han tenido, tienen y tendrán distintos programas vitales, distintos perfiles de bienestar y en consecuencia desarrollarán distintos tipos de técnicas. ¿Por qué la Revolución Industrial se inicia en Inglaterra y no en Castilla? ¿Era el concepto de bienestar el mismo para un chino del siglo XVIII que para un europeo? Invito al lector a que se plantee ejemplos de innovaciones técnicas y busque la causa o causas de las mismas.

Optimización económica y social

El concepto de optimización que ha aparecido con anterioridad en algunas definiciones implica que en la resolución de un problema se ha de alcanzar una situación sumamente buena, que no puede, dentro de ciertas limitaciones, ser mejor. Se trata de algo tan sencillo de decir (pero no tan fácil de hacer): ¿cómo resolver un problema de la mejor manera posible?. Y, en la manera, hay que considerar a la vez los factores técnicos, económicos y sociales.

El ingeniero suele poseer maestría técnica y también económica y normalmente tiene en cuenta ambos factores a la hora de resolver un problema de situación, pero con frecuencia olvida o desprecia los factores sociales. Se hacen prolijos estudios técnicos, se analizan los costes de producción o de explotación con gran detalle, pero apenas se dedican esfuerzos para calibrar la incidencia que en la sociedad circundante —el entorno— tiene el nuevo producto, factoría o sistema.

Los grandes desastres ecológicos producidos por el uso irracional de la tecnología han provocado el despertar de grupos e instituciones que abogan por el uso adecuado de la técnica y por la consideración de los efectos sociales y ecológicos en el planteamiento y resolución de los problemas. ¿El ingeniero es consciente de ello? Debe procurar el bienestar del hombre, de los demás, y no sólo del suyo propio a costa del de los demás, para que no ocurra lo que señaló C.S. Lewis al decir: “El poder del hombre sobre la Naturaleza a veces resulta ser el poder ejercido por unos hombres sobre otros tomando a la Naturaleza como instrumento”.