

# Avances y avalanchas del siglo XIX: los ferrocarriles y el cambio técnico

Pedro Costa, *Ingeniero Técnico de Telecomunicación, Profesor de la EUITT de Madrid*

El siglo XIX va a ir haciendo posible la mayor parte de los objetivos que en los planos ideológico, político, económico y tecnológico habían sido diseñados por el movimiento ilustrado del siglo anterior, así como por la incipiente revolución burguesa, desprendida del anterior a modo de crisol y avanzadilla. Los burgueses harán suyos los ideales liberal-democráticos del siglo XVIII adoptándolos como marco político de sus progresos industriales y económicos, que a su vez se relacionan crecientemente con los avances científico-técnicos.

Durante ese siglo la naturaleza desvela importantes secretos a solicitud de un esfuerzo titánico de científicos e investigadores, y a mayor velocidad aun de la que muestran estos hallazgos la técnica va configurando un mundo radicalmente nuevo y cada vez más conforme con el alejamiento que de la naturaleza va experimentando la vida socioeconómica. A la máquina de vapor, alma y genio de la gran tecnología del siglo (los ferrocarriles, la navegación y la manufactura), sucederá el paulatino desarrollo de la química y sus maravillas, así como de la electricidad con sus sutilezas, misterios y promesas; la electrónica llenará de posibilidades —ampliando enormemente la capacidad de las telecomunicaciones— los últimos años del siglo.

## EL CAMBIO TECNOLÓGICO, LA VELOCIDAD Y LA GLOBALIZACIÓN

La Revolución industrial que arranca en el periodo entre 1760 y 1830 y llegará



hasta la década de 1870 será llamada «primera» y estará relacionada muy directamente con la máquina de vapor. (La «segunda» se configurará en el último tercio del siglo, apoyándose en la industria eléctrica y química). Reflejo de esa sociedad de cambios, que va tomando velocidad,

son los avances de las telecomunicaciones, que entre 1794 (primer telégrafo funcional óptico, de Chappe) y 1837 (patente del telégrafo eléctrico, de Morse) han dado un salto cualitativo decisivo llevando a la segunda globalización. Expresa o tácitamente el sansimonismo se impone y el

mundo va organizándose, sobre una base extensivamente industrial, en *sistemas* y *redes*; primero se asistirá al enorme impulso dado a los caminos, canales, ferrocarriles y navegación, y luego será el telégrafo el que materializará ese ideal de intercomunicación en el mundo.

El cambio técnico, o la innovación técnica, no debe ser considerado como el origen de la Revolución industrial o su principal motor sino, por el contrario, como resultado del contexto social y productivo del momento, es decir, el resultado del crecimiento y la transformación global que se operaba en la sociedad. En el fondo del asunto, en el verdadero origen del hecho tecnológico hay que ver al fenómeno burgués, es decir, la asunción del poder y la dirección de la sociedad por una clase determinada y decidida a cambiar las cosas (en su favor). O sea, que sin que se desarrollasen las nuevas relaciones de producción capitalistas, protagonizadas por la burguesía triunfante, ni los avances tecnológicos ni su aplicación económica habrían surgido o habrían logrado el «milagro» de esos cambios espectaculares.

Así, los avances tecnológicos son esencialmente un impulso social, y el proceso de innovación técnica es un efecto del cambio social y no su causa<sup>1</sup>. Sin la libertad de industria, sin mano de obra disponible, sin mercado nacional y su extensión a las colonias, sin la exigencia de competir y la posibilidad de enriquecerse los inventos no hubieran sido objeto de búsqueda y captura, y la fase manufacturera no habría sido superada gracias a la



*Robert Fulton, fabricante de barcos de vapor.*

aportación masiva de las máquinas. Porque se demuestra que los grandes inventos que dieron el impulso a la Revolución industrial ya existían de alguna manera (es el caso de las máquinas de hilar o la máquina de vapor), pero necesitaron de ese «ambiente social» concreto dirigido por una burguesía activa y ambiciosa para relanzar la economía con un impulso desconocido hasta entonces: el impulso tecnológico-industrial.

Los estudiosos del fenómeno tecnológico en su expresión directa, no obstante, analizan esta eclosión técnica distinguiendo entre teorías, como la del cambio acumulativo y la de la discontinuidad. Basalla, por ejemplo, cree que la primera, vinculada generalmente con una «visión heroica de la invención» que sobredimensiona la personalidad del inventor, debe ceder en importancia ante una interpretación «discontinua alternativa» que hace coexistir el genio individual con una cadena de variaciones y mejoras técnicas a lo largo del tiempo. Es verdad que las personalidades inventivas tuvieron que contar con frecuencia con el auxilio de un «desarrollador»: el equivalente a un ingeniero formado como tal (que a veces también aportaba la habilidad para los negocios); esto es así hasta llegar a Marconi, dicen los observadores del hecho individual.

En todo caso, las mejoras en la invención técnica se producen y describen según un cúmulo de circunstancias entre las que cuentan la diversidad existente, la continuidad mantenida, la novedad que suponen en un medio concreto y la selección operada según las necesidades. Cuatro motores o factores de la innovación describe Basalla: los psicológico-intelectuales, los socio-económicos-culturales, los económico-militares y los socio-culturales.

En la consideración del cambio tecnológico destaca una variable por encima de todas: la búsqueda permanente, casi febril, de una mayor «velocidad social» que está especialmente presente en el transporte en general y, de modo especial, en las telecomunicaciones. A partir de la expansión de la imprenta y las mejoras introducidas en la navegación en los siglos XV y XVI la historia irá presenciando avances continuos e innovaciones más allá de su éxito social. El estudio de la velocidad creciente en el transporte en las nacientes sociedades industriales nos lleva a interesantes reflexiones relacionadas con ese fenómeno humano tan repetido, universal y obsesivo de la velocidad (de la prisa, en definitiva)<sup>2</sup>. Aquí baste tener en cuenta que, partiendo de 1750 (diligencias) hacia 1850 (trenes) la velocidad se había multiplicado por 2; en 1900 (automóviles) por 10; en 1950 (aviones supersónicos) por 100; y en 2000 (vuelos espaciales) por 1.000. Se trata de toda una evolución exponencial en la que si-







que empeñada, por cierto, la civilización tecnológica.

Esa es la velocidad material y comercial, que la informacional hace mucho que se situó prácticamente en los valores de la velocidad de la luz, es decir, instantánea en la práctica. Pero es verdad que durante miles de años coincidieron de hecho velocidad de transporte y velocidad de comunicación, hasta que el primer telégrafo operativo, el óptico, estableció una separación nítida entre ambos procesos y funciones, que desde 1794 (instalación de la primera línea telegráfica óptica regular) no dejaría de incrementarse hasta la generalización de la radio. Efectivamente, telégrafo y teléfono darían paso, según una lógica más social que tecnológica, a la radio, es decir, a la telegrafía sin hilos y tras ella en un proceso rapidísimo a la tercera globalización (tras la imprenta y las navegaciones, más menos simultáneas, y el telégrafo).

## EL IMPULSO DE LOS FERROCARRILES

El ferrocarril y en menor medida el barco de vapor son las realizaciones más espectaculares de la aplicación de la máquina de vapor, que quedó perfeccionada

en las últimas décadas del siglo XVIII. Por eso, al hablar del ferrocarril hay que remontarse a fechas en el entorno de 1800, cuando se logró poner a punto máquinas motrices alimentadas con madera o carbón que respondían a dos principios básicos: ser guiadas y deslizarse sobre carriles de madera o hierro. Estas máquinas, como las de Murdoch o Trevithick, fueron empleadas en las minas, que es donde se debe situar el origen del ferrocarril —resultado, a su vez, de la combinación del raíl y el vapor en la explotación subterránea— y por ende el de la Revolución industrial. Tanto el ferrocarril como, en consecuencia, esa revolución debieran remontarse uno y otra al siglo XVI, que es cuando ya se detectan los rudimentos de este sistema de arrastre en minas sobre carriles y tirados por caballerías<sup>3</sup>. La tracción de vapor se inauguró en agosto de 1812 en Gran Bretaña y dos locomotoras —llamadas *Salamanca* y *Prince Regent*— remolcaron un tren sobre raíles. También surgían los ferrocarriles con una importante deuda respecto de la construcción de canales porque ésta, adelantada en el tiempo, les transmitió la experiencia acumulada en abrir zanjas, excavar túneles y habilitar muelles.

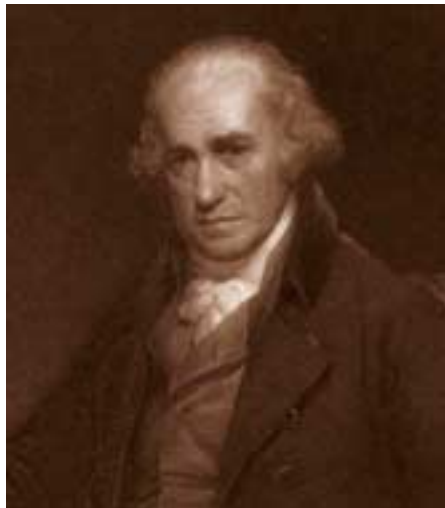
La figura indiscutible relacionada con la primera máquina de vapor de tracción

comercial, que pronto se interesó por el transporte de viajeros, es George Stephenson (1781-1848), al que pronto acompañaría su hijo Robert. George, autodidacta y hábil hombre de negocios, fue el creador de la locomotora *Locomotion*, que tiró del primer ferrocarril del mundo —sobre carriles de hierro forjado y con un ancho de 1,435 m, que se impondría en toda Europa—, que unía la ciudad de Darlington (en la cuenca hullera de Durham) con el puerto de Stockton (sobre el río Tees) el 27 de septiembre de 1825; y también ganó, con su *Rocket*, el concurso para el primer ferrocarril de viajeros en la línea Manchester-Liverpool, que se inauguró el 15 de septiembre de 1830. Esta locomotora circulaba con una velocidad media de 28 km/h y máximas de hasta 46 m/h. En Estados Unidos el primer ferrocarril fue el «Delaware & Hudson», construido en 1829, que llegaría a transportar viajeros llevándolos de Nueva York a Montreal en una noche.

Con diferentes enfoques y matices tanto los británicos —que tras las guerras napoleónicas disfrutaban plenamente de su incontestado dominio mundial— como los norteamericanos —que tenían ante sí una expansión geográfica y económica ilimitada— vieron el ferrocarril

como la clave de la grandeza de sus respectivos países, y sin duda que este sistema de transporte resultó ser el principal agente de desarrollo económico durante gran parte del siglo XIX. Precisamente es en Estados Unidos donde se inició la navegación a vapor regular, concretamente con el Clermont que, construido por Robert Fulton y dotado de una máquina de las de Watt y Boulton, unía desde 1807 Nueva York con Albany por el río Hudson.

Si en lo tecnológico es la máquina de vapor la que inicia la Revolución industrial en lo industrial-económico este mismo proceso aparece íntimamente vinculado al ferrocarril, que resultó un fabuloso negocio y, en consecuencia, un motor de la economía en general de vigor desconocido hasta entonces; una de las «obligada» modernización del sistema financiero, que se adaptó a las nuevas necesidades y oportunidades. Gran Bretaña lleva la delantera, desde luego, y pronto bate el récord en la construcción de nuevas líneas, alcanzando una longitud total en la década de 1840-50 de 6.000 millas; este *boom* se alargó hasta 1870, alcanzando 35.000 kilómetros a final de siglo. Estados Unidos, por su parte, aunque inicio este proceso con un cierto retraso respecto a su antigua metrópoli, incrementó espectacularmente sus tendidos férreos desde 7.000 millas en 1840-50 a 51.000 en 1870-80 logrando en 1900, con sus 320.000 kilómetros, una ventaja de 47.000 kilómetros al conjunto de Europa<sup>4</sup>. Dos periodos de «fiebres» ferroviarias se produjeron en Gran Bretaña,



James Watt.

en 1835-37 y en 1845-47, que una vez vividas y superadas llevaron a que la tecnología, los ingenieros y los capitales que construyeron ferrocarriles en medio mundo fuesen británicos.

En el continente europeo, Bélgica, que es Estado independiente desde 1830, lleva la iniciativa impulsada por su dinámica industria siderometalúrgica; y Francia se recupera poco a poco del impacto socioeconómico de las guerras napoleónicas (mostrándose incapaz el *espíritu politécnico* de competir con Gran Bretaña). Es el mundo germánico, en ebullición intelectual, tecnológica y económica, el que considera la red de ferrocarriles esencial para unificar de hecho un conglomerado de Estados que en las décadas de 1850 a 1870 logrará la unidad política y la construcción del imperio bismarckiano de los Hohenzollern; de hecho, hacia 1850 ese conjunto, dominado por Prusia, ya dispondrá del do-

ble de líneas férreas que Francia. En menor medida, Italia vio favorecida su unidad política (lograda en 1860, antes que Alemania) por un vigoroso proceso de construcción de ferrocarriles.

## LA CONSTRUCCIÓN DE LA TERMODINÁMICA

Si bien es verdad que tanto la máquina de vapor como los ferrocarriles alcanzaron desarrollo, expansión y éxito sin el previo establecimiento del conocimiento teórico correspondiente (demostrando una vez más que la técnica se adelanta a la ciencia con más frecuencia de la reconocida) la interpretación energética del calor venía adquiriendo forma desde hacía tiempo, estableciéndose que era el movimiento de partículas y su fricción lo que determinaba el nivel térmico de las sustancias, concretamente los gases. Cuando se inicia el siglo XIX y la máquina de vapor va abriéndose paso de forma tan impetuosa todavía se considera que el calor es un material sin peso, llamado *calórico*, que se expresa a través de una reacción química entre una sustancia cualquiera y esta sustancia (falsa pero útil para la ciencia) definida en función de su interpretación como realidad omnipresente.

Acerca del calórico y las relaciones entre movimiento mecánico y calor trabajaron numerosos físicos de la transición entre siglos y de las primeras décadas del XIX, como el anglo-norteamericano Benjamín Thompson (posteriormente, conde Rumford) y su protegido inglés Humphry Davy, que estimó que el calor era una vibración corpuscular interna. El también inglés Thomas Young modificó la interpretación anterior tras estudiar la emisión térmica de un cuerpo incandescente estimando que el calor era una vibración ondulatoria similar a la luz.

En Francia los estudios sobre el calor fueron principalmente desarrollados por los científicos e ingenieros de la Escuela Politécnica, una vez tranquilizada la vida política tras la derrota de Napoleón. Se mantenían las diferencias de estilo y método entre los ingenieros franceses, de honda formación científica, y los británicos, autodidactas y eminentemente empíricos (sobre el modelo, paradigmático, de Watt). Jean Baptiste Fourier, físico teóri-





co y matemático publicó su *Teoría mecánica del calor* (1822), que trataba sobre todo el problema de la conducción térmica con método matemático y proponía que la ciencia del calor habría de ser distinta de la mecánica. Más importante resultó la publicación de *Reflexiones sobre la fuerza motriz del fuego* (1824), del jovenísimo politécnico Sadi Carnot<sup>5</sup>, interesándose por la producción de energía mecánica en las máquinas de calor a partir del flujo de calor entre dos focos, uno de alta temperatura (caldera) y otro de baja temperatura (condensador), y comparando este dispositivo con la máquina o rueda hidráulica, cuyo movimiento depende de la altura de la caída de agua así como de su cantidad; pese a algunos errores de concepción —como considerar que en estas transformaciones térmicas la cantidad de calor que fluía entre focos era inmutable— Carnot es considerado fundador de la Termodinámica, realizándose su figura tras su muerte a los 36 años, cuando otro ingeniero francés, Émile Clapeyron, desarrolló sus trabajos incompletos y cuando tanto Lord Kelvin como Clausius retomaron sus anotaciones para completar el cuerpo teórico de la nueva ciencia. Con sus trabajos quedó definitivamente descartada la posibilidad del «móvil del movimiento perpetuo».

Enmendando el yerro de Carnot, el alemán Julius von Meyer estableció el

principio de la conservación de la energía (o primera ley de la Termodinámica); pero llegó a esta conclusión a partir de su experiencia como médico y de sus conocimientos biológicos, así como de la química humana (metabólica) de Lavoisier. Meyer estableció definitivamente que todas las formas de energía son intercambiables, pero debido a que su mundo profesional era la medicina, sus trabajos, realizados en torno a 1840, fueron durante años ignorados, siendo retomados a partir de 1858 por Helmholtz, Clausius y Tyndall.

Paralelamente a los trabajos de Meyer pero de forma físico-experimental y contradiciendo expresamente la interpretación del médico alemán, el inglés James Joule estableció el principio de la conservación de la energía a partir de la teoría mecánica del calor y mediante sus conocimientos y experimentos con corrientes eléctricas. Joule, hijo de un cervecero de Manchester, fue discípulo y amigo de Dalton y fue el empeño en crear un motor eléctrico que mejorara la eficiencia de la máquina de vapor lo que le llevó a estudiar la naturaleza del trabajo y la energía, así como las relaciones entre la electricidad y el calor. Expuso sus teorías ante las *British Association for the Advancement of Science* en sendas reuniones, en 1842 (Manchester, cuando tenía 23 años) y Oxford (1847), conociendo en esta segun-

da ocasión a William Thomson, futuro Lord Kelvin, con quien colaboraría en trabajos sobre gases y calor. Joule ha pasado a la historia tanto por la ley que lleva su nombre, sobre los efectos térmicos de la corriente eléctrica ( $RI^2$ ), elaborada en 1840, como por su enunciado de la ley de conservación de la energía, que le valió su admisión en la *Royal Society* en 1850. A Meyer y Joule se atribuye la paternidad de este principio, o ley, llamada Primera de la Termodinámica.

En un segundo impulso a las indagaciones termodinámicas destacan Thomson en Glasgow y Rudolf Clausius en Berlín quienes, de forma separada y asimilando las teorías y trabajos de Meyer, Joule y, desde luego, Carnot llegaron a las mismas conclusiones en cuanto a principios básicos de la relación entre trabajo/energía, calor y temperatura. Ambos sabios establecieron la intercambiabilidad entre todas las formas de energía una vez que descubrieron que cuando vapores o gases se expandían contra una fuerza opuesta realizando trabajo mecánico, perdían calor, exactamente el que no se invertía directamente en producir trabajo mecánico. Thomson —que se convertiría en el principal científico británico y sería nombrado Lord Kelvin of Largs en 1892— elaboraría su escala absoluta de temperaturas (1848), constituida de grados *Kelvin* y con un cero absoluto a  $-273$  °C. Clausius depuró los trabajos de Carnot y creó el concepto termodinámico de *entropía* (1865), una relación entre calor y temperatura en las máquinas transformadoras de calor/trabajo, que daba idea de un desorden físico creciente.

A Clausius y a Thomson se atribuye la paternidad de la Segunda ley de la Termodinámica, que formularon con un año de diferencia (1850-51), que viene marcada por la entropía y que puede expresarse así: «Si un sistema evoluciona y realiza una transformación cerrada o ciclo, intercambiando calor con dos focos caloríficos a temperatura distinta, solamente producirá trabajo cuando toma calor del foco caliente y cede calor al foco frío», o «los procesos de intercambio entre calor y trabajo implican pérdida de calidad en la forma energética obtenida», o como «todo se ‘desgasta’, incluyendo el universo», o «la entropía en el mundo tiende a un máximo...»

## BIBLIOGRAFÍA

- BALDÓ, Marc (1993): *La Revolución industrial*, Síntesis, Madrid.  
BASALLA, George (1990): *La evolución de la tecnología*, Crítica, Barcelona.  
MASON, Stephen F. (1986): *Historia de las ciencias*, vol. 4, Alianza, Madrid.  
ELLIS, C. Hamilton (1983): *Trenes. Una historia ilustrada*, Raíces, Madrid.

## NOTAS

<sup>1</sup> Estos avances técnicos —dirá Baldó— fueron “el resultado al que conducían las relaciones capitalistas de producción: la ‘fría espada de la competencia’, la calculada avaricia de obtener pingües beneficios, la oportunidad de satisfacer una demanda creciente, la posibilidad de producir más y más barato, para vender más y ganar más”.

<sup>2</sup> Una Sociología de las prisas nos explicaría, sin embargo, si ese fenómeno es en realidad típicamente humano o se produce como consecuencia de una evolución económica permanentemente fiada en la competencia y lanzada a la conquista del beneficio. El sociólogo franco-italiano Paul Virilio viene estudiando este hecho obsesivo, de inmensas repercusiones en un variado conjunto de aspectos.

<sup>3</sup> La primera línea de ferrocarril, de carga y con animales de tiro, fue la que tendió la sociedad privada “Middleton Colliery Railway” en Leeds, por mandato parlamentario, nada menos que en 1758.

<sup>4</sup> En España fue la década de 1860-70 la de mayor actividad ferroviaria, contando en 1900 con poco más de 11.000 kilómetros y llegando en la década de 1960-70 a un máximo de 13.300 kilómetros.

<sup>5</sup> Hijo de Lazare Carnot, uno de los fundadores de la Escuela Politécnica, él mismo notable científico e ingeniero además de político decisivo (ministro de Defensa) en ciertos momentos de la Revolución francesa. Otro de sus hijos, Hippolyte, también del círculo politécnico, fue un destacado sansimoniano.

# Creamos Tecnología

en Telecomunic@ciones

## Televés



Llevamos más de 40 años  
desarrollando producto

para la captación y distribución  
de señales de televisión

adaptándonos a las nuevas tecnologías  
y participando en proyectos europeos

**para el desarrollo de las  
Telecomunicaciones del Futuro**



# Televés