

# Las tecnologías de información y comunicaciones (TICs) como fuente de desarrollo tecnológico

Leonardo Pineda Serna\*

Recibido: junio de 2008. Aprobado: julio de 2008

## RESUMEN

La importancia de las tecnologías de la información y comunicaciones (TICS) para el crecimiento y desarrollo, tanto económico y tecnológico como social de los países, está claramente evidenciada en varios informes académicos, empresariales y de orden gubernamental. Esta nueva industria influye y es influenciada de una manera transversal en todo el sector productivo de la economía. El presente artículo es un intento destinado a presentar las fuentes donde se están originando los nuevos desarrollos tecnológicos y las innovaciones disruptivas, y que harán posible la aparición de nuevos productos, procesos, servicios de valor agregado y de modelos de negocios, con la consecuencia de la creación de nuevas empresas de base tecnológica.

**Palabras clave:** tecnologías de la información y la comunicación, desarrollo tecnológico, Internet.

## ABSTRACT

The significance of Information and Communication Technologies ICT to the economic, technological and social development and growth has clearly been analyzed in several academic, industry and government reports. This new industry transversely impacts and it is impacted in the entire productive sector of the economy. The present article is an attempt to describe the sources of new technological developments and disruptive innovations making possible the emergence of new product, business innovation models and value added services, and the subsequent creation of new technology based enterprises.

**Key words:** information and telecommunication technologies, Internet.

---

\* Economista, Universidad de América, Bogotá; Ph.D., Universidad de Goettingen, Alemania; ingeniero industrial honoris causa, Escuela Nacional de Ingenieros de METZ, ENIM, Francia; profesor asociado, Facultad de Administración, Universidad del Rosario, Bogotá. Correo electrónico: leonardo.pineda18@urosario.edu.co

## I. LAS TICs: UN SECTOR EN EVOLUCIÓN

En su definición genérica, las TICs son la unión de las telecomunicaciones y la informática. Comprenden todas las formas de tecnología empleadas para crear, almacenar, intercambiar y usar información en sus más variadas formas (datos, conversaciones de voz, imágenes, etc.). En términos generales, se puede afirmar que la industria de TICs crea un nivel significativo de empleos altamente capacitados y promueve industrias de apoyo y distribución. Asimismo, contribuye de forma substancial a los ingresos fiscales del Estado, por el pago de impuestos directos e indirectos; mejora sustancialmente la competitividad de las empresas y las industrias, en entornos locales y globales, ya que este sector proporciona un gran número de las herramientas que el sector productivo necesita para desarrollar las empresas y formar a los profesionales necesarios para competir de forma eficaz en una economía global.

Según los especialistas, las principales tendencias mundiales del sector TIC son las siguientes:

- Crecimiento estimado de 12,0 % anual.
- La desregulación y privatización del servicio de telecomunicaciones ha abierto nuevo acceso a los

mercados, y los países de América Latina han atraído socios extranjeros para prestar servicios de telecomunicaciones.

- Grandes compañías productoras de equipos han establecido presencia global, con centros regionales de operaciones y en algunos casos con manufactura local
- Se ha incrementado la demanda a nivel mundial, principalmente por tecnología inalámbrica y servicios de datos de alta velocidad
- La producción de la mayoría de equipos de *hardware* de telecomunicaciones permanecerá en Estados Unidos y Japón, y ahora China, que ha pasado a ocupar el primer lugar en las exportaciones de equipos de telecomunicaciones y *hardware*.
- Los especialistas hablan de dos macro-tendencias: la globalización del mercado mundial de telecomunicaciones y, la convergencia: tecnológica, industrial y empresarial, hacia la tecnología inalámbrica.

Estos hechos se ven reflejados en las estadísticas globales de Internet. En 10 años, entre 1997 y el 2007, el número de *hosts* que hospedaban sistemas informáticos pasó de 22.5 millones, a 489 millones. Este crecimiento ha sido igualmente impresio-

nante en la telefonía, al llegar a 3.6 mil millones de líneas telefónicas, de las cuales alrededor del 80% son móviles:

**Tabla 1. Estadísticas básicas de Internet, 1997-2007**

<b>1997</b> 22.5 millones de <i>hosts</i>	<b>Sept. 2007</b> 489 millones de <i>hosts</i>
<b>Junio 97</b> 50 millones de usuarios	<b>Sept. 2007</b> 1.244 millones de usuarios (Internet World Statistics)
3.6 mil millones de terminales telefónicas, incluidas 2.8 mil millones de móviles. Mil millones de PCS en 2007.	

**Fuente:** Vincent Serf: *Internet in XXI Century, video conference.*

En este mismo periodo el número de usuarios pasó de 50 millones en 1997, a 1.245 millones, en 2007. Pero lo impactante es que la penetración de Internet es en promedio un 27,0 % de la población mundial. Por ello, se habla que solo se ha explorado un octavo del *iceberg* de la Internet. Los siete octavos restantes son las grandes oportunidades y retos que en su conjunto ofrecen las TICS.

**Tabla 2**

Región	Población de Internet (millones)	% de penetración	Población sin penetración de internet (millones)
Asia	459.5	12,4	3.246.1
Europa	337.9	41,7	472.4
América del Norte	234.8	70,2	99.7

Continúa

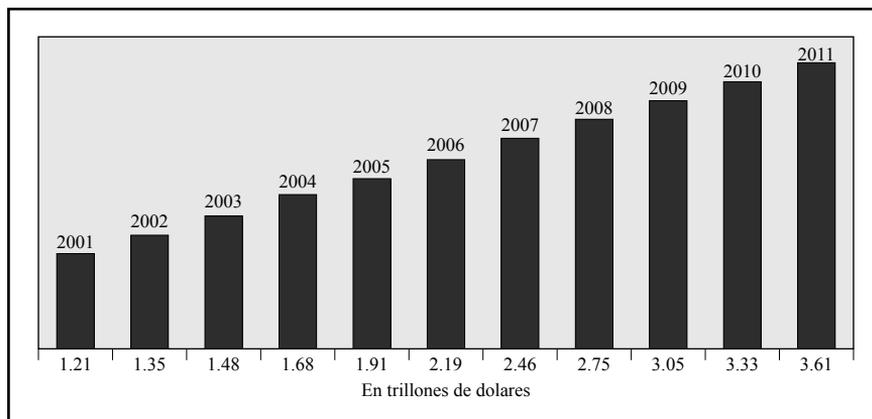
Región	Población de Internet (millones)	% de penetración	Población sin penetración de internet (millones)
América Latina y el Caribe	115.8	20,8	440.9
Medio Oriente	33.5	17,3	160.1
Oceanía	19.0	55,2	15.4
África	44.0	18,9	188.8
Total	1.244.5		4.623.4
Promedio de penetración en la población		26,9	
Promedio de penetración por alcanzar			73.1

**Fuente:** Vincent Serf: *Internet in XXI Century, video conference.*

Desde el punto de vista del negocio de las TICS, hay que anotar que según la Telecommunications American Society (TIA), el volumen de los negocios mundiales de las TICS en 2007 superó los 2.47 trillones de dólares, y se espera que para 2011 alcance los 3.61 trillones de dólares. La siguiente gráfica presenta los datos correspondientes:

Lo importante de resaltar en estas cifras es que el 20% del total de negocios corresponde a equipos de comunicaciones y *hardware*, mientras que el 80% de ese valor se debe a servicios de valor agregado, es decir, intangibles que son los que hacen viable el surgimiento de nuevas innovaciones tecnológicas de productos, procesos, servicios o modelos de negocios.

**Gráfica 1. Ingresos totales del negocio de TICs a nivel mundial**



**Fuente:** TIA. *Telecommunications industry association, 2008.*

## II. COMPONENTES DE LA CADENA DE VALOR GENÉRICO DE LAS TICs

Para poder entender e identificar dónde se encuentran las fuentes de innovación y desarrollo tecnológico en este nuevo sector productivo, se hace necesario tener una caracterización clara de los componentes de la cadena de valor de las TICs. En su contexto genérico la cadena de valor de las TICs tiene tres eslabones. El primero es el de equipos de comunicaciones y *hardware*; el segundo, el llamado *middleware*, constituido por los sistemas de gestión de las TICs que se identifica como el protocolo TOM: *telecommunications operation management*.

El TOM es un modelo de proceso negociador en el contexto de los TMF,<sup>1</sup> que describe todos los procesos empresariales requeridos por un proveedor de servicios (*service provider*). Sirve como modelo para los procesos directivos y provee un punto de referencia neutral para los procesos internos de reingeniería necesitados, asociaciones, alianzas y, en general, acuerdos de trabajo con otros proveedores; además, une al primero y al tercer eslabón. Este último es el desarrollo de *software* para proporcionar los servicios de valor agregado, y así atender un mercado cada vez más exigente, que busca mejores condiciones de conectividad y contenidos.

<sup>1</sup> TMF: Telemanagement Forum Activities.

Ante esta situación las empresas tanto operadoras, usuarias como de valor agregado se han visto obligadas a adoptar nuevos esquemas de gestión empresarial que, por una parte, las mantenga competitivas en el mercado abierto y, por otra, les facilite impulsar programas, proyectos y actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (IDT+I).

### III. LOS CAMBIOS DE PROTOCOLOS DE INTERNET COMO PUNTO DE REFERENCIA

La revolución que se viene dando en este campo está relacionada con un conjunto de innovaciones disruptivas en telecomunicaciones e informática, resultantes en mayores velocidades de transmisión. Los nuevos desarrollos en fibra óptica y los nuevos materiales súper livianos hacen que la dotación de este tipo de infraestructura se haga a mayores velocidades de ancho de banda y mayor productividad en el uso de los recursos disponibles en las redes; esto es, en la banda ancha que hace viable las llamadas autopistas de información.

Los protocolos de la Internet (IP), en especial, al pasar de la versión IPv4 a la IPv6, la cual estará plenamente en operación durante 2008, harán que con la implementación total del IPv6 se tendrán 16 trillones

de direcciones de protocolos de Internet disponibles. Esto, junto con un mayor ancho de banda, abre un abanico de opciones enorme, pero al mismo tiempo de riesgos inherentes a los problemas de gestión de las redes y de su seguridad, ya que indudablemente el sistema como un todo se haría más vulnerable a actos ciberdelictivos.

Este es un hecho que no puede pasar aislado, ya que el salto tecnológico a IPv6 permitirá tener acceso a un mayor número de direcciones por Internet, y así cerrar la brecha de escasez que se presentó con IPv4. La siguiente tabla ilustra esta situación y apunta a que por lo menos en los próximos 50 años no se espera tener este tipo de dificultades.

**Tabla 3. Diferencia entre los protocolos de Internet, ver. 4 - ver. 6**

	<b>Protocolo Internet versión 4 (IPv4)</b>	<b>Protocolo Internet versión 6 (IPv6)</b>
<b>Lanzada en</b>	1981	1999
<b>Tamaño de las direcciones</b>	número de 32 bits	número de 128 bits
<b>Cantidad de direcciones</b>	$2^{32} \approx 4$ millones de Direcciones	$2^{128} \approx 16$ trillones de Direcciones

### IV. RETOS ESTRATÉGICOS

Esto implica un nuevo paradigma empresarial para hacer de la tecnología, en su contexto más amplio de información con valor agregado,

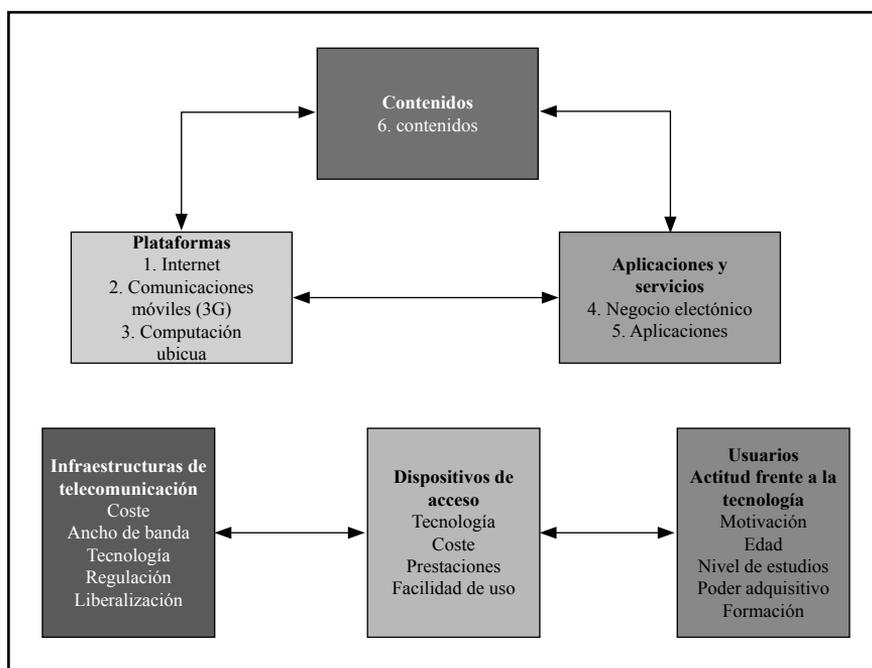
esto es, de gestión estratégica de la innovación, una herramienta competitiva por excelencia. En un estudio de COTEC en España, se anotaban seis áreas de IDT+ I, que aparecen en la gráfica 2, las cuales se basan en la disponibilidad de una adecuada infraestructura de telecomunicaciones, de dispositivos de acceso y de un cambio actitudinal de los usuarios frente a los nuevos paradigmas tecnológicos.

Sin embargo, es preciso anotar que para que este sistema de TICS evolu-

cione se requiere la tecnología medular, que es el desarrollo de *software*, ya que de otra manera ninguno de los componentes se podría comunicar entre sí. Esta comunicación se logra por medio de líneas de código y algoritmos de última generación, en especial el llamado diseño evolucionista, donde se están dando grandes desarrollos de IDT+ I en *software*.

Como su nombre lo sugiere, el diseño evolucionista tomó prestadas sus ideas de la biología;<sup>2</sup> así, toma un anteproyecto y lo muta. Como en bio-

**Gráfica 2**



**Fuente:** adaptación del autor

<sup>2</sup> “No invente, evolucione”. Edición impresa de *The Economist*, 6 de diciembre de 2007.

logía, muchas mutaciones son peores que las originales, pero pocas son mejores, y estas son utilizadas para crear la próxima generación. El diseño evolucionista utiliza un programa de computación llamado evolución algorítmica, que toma los parámetros iniciales del diseño (aspectos tales como largo, área, volumen, corriente y voltaje) y trata a cada uno como un gen en un organismo. Colectivamente, estos genes constituyen el genoma del producto.

Por la mutación aleatoria de estos genes y su combinación con otros, como ocurre en los genomas mutados, son creados nuevos diseños. Estos son sujetos a un uso simulado por un segundo programa. Si una de estas nuevas producciones muestra no estar a la altura de la tarea, es descartada. Si es prometedora, entonces es selectivamente producida con otro producto con que concuerda, para ver si el resultado, cuando son sujetos a más mutaciones, puede ser mejor.

La idea de los algoritmos evolucionistas no es nueva. Hasta hace poco, sin embargo, su uso ha sido restringido a proyectos tales como los perfiles aerodinámicos de los cuerpos de los automóviles, fuselajes de aeronaves y alas. Esto se debe a que las grandes empresas han sido capaces de financiar los supercomputadores necesarios para mutar y entrecruzar grandes genomas virtuales —y así simular el comportamiento del producto— por

casi 20 millones de generaciones, antes de que emerja el diseño perfecto. Lo que ha cambiado en este campo, como en muchos otros, es la disponibilidad y lo económico de la energía de la computación. De acuerdo con John Koza (1992) de la Universidad de Stanford, uno de los pioneros en este campo, el diseño evolucionista, que hubiera tomado mucho meses para funcionar en un PC, es ahora posible en unos pocos días.

Como resultado, el rango de los productos en los que se está aplicando los principios del diseño evolucionista está creciendo. Entre los que fueron revelados en la conferencia de genética y computación evolucionista en Londres en el verano de 2007, se cuentan las memorias portátiles USB de larga vida, las quillas de los yates veloces, la banda ancha de la fibra óptica, los implantes mejorados y un analizador de biopsias de cáncer que combina las habilidades de detección de tumores de un patólogo.

A modo de resumen, podríamos establecer que la transformación de los medios por el impacto de la tecnología va a estar determinada por las siguientes cinco grandes tendencias:

1. El acceso masivo a la banda ancha y la conexión permanente *on line*.

2. El cambio en los medios de un enfoque de oferta a otro de demanda.
3. La integración vertical de la industria de contenidos con los canales de distribución.
4. La posibilidad de acceso a diferentes medios de comunicación a través de un mismo terminal.
5. La estratificación y globalización de las audiencias.

#### IV. TENDENCIAS EN CONECTIVIDAD

Este estudio, desarrollado por el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) presenta las tendencias futuras de conectividad, entendida como la posibilidad de conectar a distancia personas, organizaciones y dispositivos a través de redes de comunicación, ya sean fijas, móviles o inalámbricas.

El objetivo es identificar las tendencias, así como las incertidumbres y las amenazas en la implantación de redes de banda ancha, así como de la incidencia que estos cambios provocarán en los ámbitos social, económico y tecnológico. El estudio analiza las redes de comunicación del futuro, las nuevas tecnologías que darán lugar a dichas redes y las nuevas aplicaciones que será posible desarrollar sobre ellas.

El estudio permite destacar seis grandes tendencias:

- La creciente necesidad de conectividad entre personas, organizaciones y toda clase de dispositivos y máquinas.
- La necesidad de la ubicuidad, poder comunicarse y acceder a la información en cualquier lugar y en cualquier momento.
- La acentuación de la dinámica de convergencia entre las TIC.
- La necesidad de personalización de las aplicaciones y los servicios para que se adapten plenamente a las necesidades del usuario.
- La interoperabilidad, posibilidad de interconectar sin problema diferentes redes y diferentes equipos de distinto origen.
- La necesidad de seguridad, para poder hacer un uso fiable de las tecnologías.

El informe subraya ocho tendencias generales:

- Crece el número de internautas y el uso intensivo de servicios.
- La banda ancha mejora de forma progresiva y se extiende a áreas rurales.

- Las grandes empresas de medios e Internet promueven movimientos de concentración.
- La *web* se hace móvil con el “mobile 2.0”.
- Los fabricantes se vuelcan en la búsqueda de nuevas categorías de terminales.
- El concepto de *web* granular empieza a producir resultados.
- Continúa la revolución de la televisión.
- El sector de la música se transforma.

Mientras que las comunicaciones M2M (*machine to machine*) generalmente involucran dispositivos inalámbricos unidos a equipos tales como carros o máquinas dispensadoras, que incluyen hasta los teléfonos celulares, las redes de sensores utilizan pequeños chips que están a menudo puestos en el dispositivo y redes de área local que quizá nunca podrán conectarse a una red más amplia, tal como la de los teléfonos celulares o Internet.<sup>3</sup> Por el momento, los sensores no son muy utilizados: la tecnología aún está madurando y los clientes necesitan ser convencidos de que vale la pena tenerlos.

Pero la idea está ganando acogida. Una vez el volumen suba, los precios bajarán y la innovación que siga acelerará su adopción.

Las nuevas tecnologías inalámbricas son críticas ya que permiten el monitoreo y el control de nuevas operaciones, al mismo tiempo que ahorran dinero. Una refinería de petróleo mediana tiene alrededor de 3.000 “puntos de instrumentación” donde se recolectan los datos sobre temperatura, flujo, humedad y vibración. Los directivos de las petroleras estarían aún más contentos con 10.000 puntos, si estos fueran más económicos. El costo de un dispositivo de monitoreo básico va desde \$1.000 a \$10.000 por pieza. Aunque adicionar funciones inalámbricas a estos sensores casi dobla ese costo, reduce el precio de instalación entre un 50 y un 90% y la instalación compensa la mayoría del costo total. Al pasar algunos procesos a sistemas inalámbricos se cree que cada refinería podría ahorrar por lo menos \$1 millón al año.

Hasta hace pocos años, la tecnología inalámbrica no daba la talla para el trabajo. El “gran paso” es que las nuevas tecnologías son mucho más confiables en condiciones industriales hostiles y que los protocolos de comunicación son más inteligentes.

<sup>3</sup> “Un adelanto de las cosas que están por venir”, de la edición impresa de *The Economist*, 26 de abril de 2007.

Una notable innovación es *ad-hoc mesh networking*, en la que cada nodo en la red —por ejemplo, un sensor en una bomba de agua— es a la vez transmisor y receptor y puede unirse a la red cuando se requiera. Las tecnologías inalámbricas anteriores asumían que los sensores enviarían datos a un receptor específico de una manera *hub-and-spoke*. Esto tenía muchos inconvenientes. Para empezar, hacía que el sistema fuera inflexible. Si se adicionaba un nuevo nodo, todo el sistema tenía que ser reconfigurado y la red se volvía más difícil de manejar. Y si el receptor central fallaba, todo el sistema colapsaba.

Las tecnologías más nuevas remedian estas falencias. Cada nodo puede retransmitir tráfico a otros dispositivos, creando una red interrelacionada. Cada nodo necesita menos energía, ya que la distancia de viaje de los datos es pequeña de uno a otro nodo; es auto organizado y auto reparable. Si un nodo falla, el sistema encuentra un camino alternativo para el tráfico de datos. Y entre más dispositivos son unidos, más eficiente y redundante se vuelve la red.

Tales sistemas se están ya instalando en edificios viejos y los están integrando dentro de edificios más nuevos. Por ejemplo, con tecnología inalámbrica se pueden reemplazar termostatos análogos que están obsoletos, por aquellos que son digi-

tales, y además son alrededor de un 35% más eficientes en el consumo de energía. Los nuevos termostatos vinculan inalámbricamente nuevos paneles de control de temperatura con unidades de calefacción y unidades de aire acondicionado a un costo de alrededor \$350 por habitación. Cada habitación también puede ser controlada desde la recepción del hotel, y gracias al *mesh networking* inalámbrico, el panel en cada habitación también actúa como un retransmisor para el tráfico de datos desde otras habitaciones a un punto de control central.

Estos usos de la tecnología inalámbrica son sólo el principio. Los sensores no sólo están siendo instalados a dispositivos que ya tienen componentes electrónicos, sino que también están siendo puestos en artefactos que estaban libres de partes tecnológicas. Por ejemplo, están siendo puestos en edificios, puentes y caminos para monitorear su integridad estructural. Los sensores pueden identificar la tensión y quiebres tempranos que requieren atención. Asimismo, están siendo usados para monitorear el ambiente. Los científicos ahora los usan para medir el clima en áreas en las que habría sido impráctico por pequeñas, cuando los sensores eran más costosos —como bajo plantas individuales en lugar de en un matorral—.

Los sensores inalámbricos también están surgiendo en granjas para

medir la temperatura, humedad y luz en áreas de tierra donde los sensores cableados no pueden acceder fácilmente. Entre los primeros grandes usuarios están los viñedos, ya que su cosecha es particularmente valiosa y hasta pequeñas variaciones en el clima pueden arruinar la producción de uva para el vino. Un grupo de sensores permite a los cultivadores monitorear el viento, el agua, la tierra y la temperatura del aire. Esto ayuda a programar el horario del riego, para suplir las diferentes necesidades de cada parte del viñedo y para manejar el congelamiento, las enfermedades y las pestes.

La tecnología se ha vuelto tan accesible que está surgiendo todo un tejido de pequeñas organizaciones emprendedoras. Hay empresas que ya están poniendo sensores en los uniformes de los bomberos, con el fin de transmitir información sobre el fuego o para decirle a sus colegas dónde exactamente se encuentran. El sistema hasta puede proveer a los bomberos con información tal como los planos de los pisos proyectados en sus máscaras. Otras aplicaciones ahora en venta incluyen sistemas inalámbricos de seguridad casera y faros inalámbricos para marineros, para informar a la tripulación cuando alguien se ha caído del barco.

Así, la gran diversidad de sus usos subraya una de las barreras del desarrollo de la tecnología: ellos todos tienen que ser puestos juntos, de una manera adecuada. La tecnología inalámbrica es tan nueva que todavía tiene que ser simplificada y estandarizada, al igual que la mayoría de las tecnologías a través del tiempo. Otra complicación es que nadie sabe realmente cuánto estrés pondrá una colección de sensores inalámbricos sobre una red, aparte de saber que probablemente será diferente de lo que pasa en Internet.

Buena parte de la circulación de Internet es asimétrica, con computadores al borde de la red recibiendo cientos o miles de veces más tráfico que el que ellos envían. Un simple click de un mouse para pedir un archivo genera un video masivo de YouTube de vuelta. Con redes de sensores, este tráfico asimétrico es invertido: ellos envían muchos más datos de los que reciben. Aunque cada envío individual de datos es diminuto, ellos suman. Y algunos sensores envían un constante bombeo, el cual desencadena una sesión de comunicación a través de la red.

La radio cumple 110 años este año, y el microprocesador no pasa de los 50.<sup>4</sup> Mientras que estas dos tecnologías se unen cada vez más con

<sup>4</sup> “Un mundo de conexiones”, de la edición impresa de *The Economist*, 26 de abril de 2007.

compatibilidades inalámbricas que ahora están siendo puestas en chips de computadores, algo maravilloso está sucediendo. Todos los beneficios del mundo de la computación —innovación, cortos ciclos de desarrollo y bajos costos— están siendo extendidos a las comunicaciones inalámbricas. Como resultado, una miríada de objetos hasta ahora separados está siendo conectada a redes; desde televisores y carros hasta maquinaria industrial y tierras de cultivo. Incluso dispositivos pequeños están siendo puestos dentro del cuerpo humano, para desempeñar tareas útiles. La nueva tecnología permite ejercer el control desde una distancia y que diferentes dispositivos se interconecten para hacer algo nuevo.

Hasta ahora se le ha concedido toda la atención al teléfono celular. Alrededor de 3 mil millones ya están en uso, cifra a la que se adiciona 1.6 millones cada día. Los mismos teléfonos celulares se están mejorando a una velocidad increíble; aunque, cabe señalarlo, este *boom* está afectando a otras áreas de comunicación inalámbrica utilizadas para conectar máquinas, sensores y objetos. En 2007 se vendieron alrededor de 10 mil millones de microprocesadores que serán puestos en cualquier cosa, desde computadores hasta máquinas de café. La mayoría de ellos será capaz de “pensar”, pero no de “hablar”: desempeñarán tareas específicas, pero no podrán comunicarse.

Esto, sin embargo, está empezando a cambiar. El costo, el tamaño y los requerimientos de energía de funciones inalámbricas están bajando de manera rápida, así que algunos de los candidatos improbables están siendo conectados ahora a redes. Por ejemplo, la integridad estructural de puentes y edificios está siendo monitoreada por pequeños sensores. Las tierras de cultivo están siendo vigiladas y los sistemas de irrigación están siendo prendidos y apagados a distancia.

En los años que vienen, las comunicaciones inalámbricas serán cada vez más parte de la vida diaria. Un científico en computación del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por la sigla en inglés) sugiere que en 15 ó 20 años la red necesitará ser acomodada a un trillón de dispositivos, la mayoría de ellos inalámbricos. Para ilustrar cómo se vería el mundo, una empresa de dispositivos inalámbricos utiliza un ejemplo modesto: las luces fijas de los edificios. Si cada una de ellas contuviera un pequeño nodo inalámbrico, las personas no sólo podrían controlar la luz más eficazmente, sino también darle muchos más usos. Si los nodos fueran programados para servir como detectores de humo en línea, ellos podrían señalar un incendio y también su ubicación.

También podrían actuar como un sistema de seguridad o proveer

conectividad de Internet a otras cosas en el edificio. Tales aplicaciones ya están siendo desarrolladas. Por ejemplo, una firma multinacional de electrónicos planea introducir sistemas de iluminación controlados inalámbricamente para edificios comerciales, en alrededor de cinco años, y sus investigadores están trabajando para hacer una red de luces fijas capaz de monitorear los objetos a través del edificio, haciendo seguimiento a equipos en hospitales o previniendo robos en oficinas.

Estas ideas han estado flotando en el ambiente por años, también conocidas como “computación ubicua”, *embedded networking* y *the pervasive Internet*. El fenómeno “podría eclipsar hitos previos de la revolución informática”, según un reporte de 2001 titulado *Embedded, Everywhere* del Consejo Nacional Americano de Investigación, que es parte de la respetada Academia Nacional de Ciencias. Un reporte de la agencia de las Naciones Unidas en 2005 lo llamó “La Internet de cosas”.

Para llegar a toda esta emoción, pasará un tiempo antes de que las comunicaciones máquina-a-máquina (M2M) y las redes de sensores se vuelvan ubicuos. Aunque la tecnología existe, diferentes acercamientos aún no funcionan muy bien juntos. A diferencia del *software* de computadores, que puede ser empleado con pocos *clik* de un mouse, cada sistema

aún necesita ser hecho a la medida, y la unión de comunicaciones y computación pone juntas dos industrias y dos culturas de ingeniería que son generalmente opuestas, hecho que lentifica el progreso. Además, los modelos de negocios para justificar el tiempo y el costo de agregar servicios inalámbricos aún están en estado embrionario.

Pero la dirección general está clara. En los años que vienen, nuevas tecnologías inalámbricas aparecerán en una plétora de dispositivos, tal como aparecieron los chips de computadores en la segunda mitad del siglo XX. Esta investigación explicará cómo esto surgirá y por qué no será fácil de hacerlo.

