
EL INTERNET GLOBAL CLAVE DE LA INDUSTRIA DE LA HIPER-INFORMACIÓN

EUGENIO TRIANA

Ingeniero industrial

Fundador y ex-miembro del Board de ICANN

La creación de ARPA –Advanced Research Project Agency– y de DARPA, el mismo apelativo referido a Defensa como respuesta al lanzamiento del primer satélite en órbita terrestre por parte de la URSS, Sputnik, significó el inicio en 1957 en Estados Unidos del despliegue de un sistema que ha transformado primero las comunicaciones de datos, voz, audiovisual, y más tarde los

sistemas de información en general llegando a transformar éstos en los actuales sistemas de hiper-información basados en el Internet Global y en la universalización de su aplicación más relevante: el *world-wideweb*, W3, que hace posible la transmisión en línea y el uso compartido en tiempo real de documentos, páginas, contenidos multimedia, en base a un hiper-lenguaje común.

EVOLUCION Y REALIDAD PRESENTE DE INTERNET ¶

Desarrollo y evolución de internet ¶

En 1962 se constituye en Estados Unidos la IPTO, Information Processing Techniques Office, dirigida por el Dr. Licklider, con el objetivo de desarrollar el concepto de red global, *global networking*. A notar que la iniciativa se orienta en principio desde la perspectiva de la informática: trabajo y conexión de máquinas computadoras en red, y no tanto desde la progresión de las redes de comunicación de voz, tecnología madura, o de datos, tecnología emergente. De hecho, el proyecto ARPANET emprendido con la empresa Rand Corporation a mediados de los sesenta se basa en velocidades de transferencia de datos en la red hasta 50 kbps, kilobits por segundo.

En paralelo se perfeccionan las técnicas del trabajo compartido de los ordenadores en tiempo real que fundamentan la opción de la conmutación por paquetes

en las redes de comunicaciones (*packet switching*) basada en la conexión y el intercambio lógico de mensajes en nodos particulares de la red, *routers*, *servers*, y no en la conexión y conmutación física de los circuitos de la red y de los usuarios. Es el Dr. Leonard Kleinrock trabajando en el MIT, Massachusetts Institute of Technology, quien consigue poner a punto la conmutación por paquetes y quien más tarde, 1969, operando desde la Universidad de California en Los Angeles, UCLA, lleva a cabo la primera transmisión de datos en tiempo real mediante la conmutación por paquetes teniendo al otro lado de la línea la Universidad de Stanford, SRI, Stanford Research Institute.

Siguiendo la orientación tradicional de la industria americana de la información, las iniciativas financiadas por DARPA contaban con la colaboración intensa de un grupo destacado de universidades americanas, centros de investigación y grandes corporaciones capaces de abordar los desarrollos en equipos y *software* de forma compatible, buscando desde el primer día asegurar la interoperabilidad de redes, máquinas y *software*. Es la claridad de visión al entender que es el paradigma de la real interoperabilidad, equipos, interfases y programas siendo operativos con independencia del fabricante o creador en base a criterios sencillos aplicables a redes muy diversas, lo que ha llevado al nacimiento y consolidación de un Internet apto para ser soportado en los más diversos tipos de red: redes fijas de cobre, redes

ópticas, redes *wireless* fijas y móviles, satélites de comunicaciones, etc.

Junto a la interoperabilidad encontramos una nueva concepción de la función de inteligencia en la red situada ahora no sólo en los nodos y los puntos críticos de interconexión, sino especialmente en la periferia del sistema, o sea en los terminales del usuario, lo que requiere alumbrar lo que podríamos denominar la segunda interoperabilidad: la compatibilidad e integración de los protocolos de red y servicios con el programa operativo de los equipos terminales, un paso crítico en la implantación del protocolo Internet, cuando mediante la colaboración de la Universidad de Berkeley y la empresa ATT se asegura la interacción sin brechas del nuevo Protocolo Internet con el sistema operativo UNIX entonces plenamente dominante. En los últimos veinte años esta segunda interoperabilidad se ha extendido a los sistemas operativos de los terminales móviles en banda ancha y otros equipos de usuario (mediante *standards* total o parcialmente propietarios).

Los primeros promotores de Internet, en particular Steve Crocker hasta hoy muy activo como Presidente de ICANN, Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (la entidad que gestiona y/o coordina la funciones técnicas de Internet), designan a principios de los años 70 el NCP, *Network Control Protocol*, antecedente inmediato del protocolo TCP/IP, junto al conjunto de especificaciones NCH, *Host to Host Protocol*, aplicado a las máquinas terminales. Por su parte, Robert Kahn, llamado a ser uno de los inventores del protocolo Internet en 1973, realiza en 1972 el primer envío con éxito de un correo electrónico, *email*, en base al protocolo NCP. Todavía era usual referirse en estos años al ARPE Internet también llamado CATENET.

La operación del sistema NCP con poco más de 100 máquinas conectadas pone de manifiesto las insuficiencias del mismo: falta de la herramienta de control automático de errores; carencia de un sistema único de direccionado, *addressing*; modo de fragmentación y reconstitución de los mensajes; necesidad de routers transparentes a la información, etc. y conducirá poco después a la formulación por parte de Robert Kahn y Vint Cerf (1) en el periodo 1973/1974, plasmado en un artículo de 13 páginas publicado en mayo de 1974 en IEEE Transactions on Communications, elaborado a partir de una concepción moderna de la «*Gateway*» lógica, puerta de entrada o de tránsito, que hace posible «hablar» a las dos o más partes vinculadas a redes distintas y que confluyen en la interfaz lógica.

Una hazaña técnica es la efectuada por John Postel, con quien tuve el honor de colaborar brevemente en el periodo 1997/98 durante los trabajos preparatorios de la constitución de ICANN, en 1981/1982, como editor desde el ISI, Information Sciences Institute, de la USC, University of Southern California, en Marina del Rey, todavía por delegación del IPTO/DARPA, de los documentos RFC 791, protocolo IP Internet; y RFC 793,

protocolo TCP, transmisión control protocol, luego unificados en la conocida como Internet protocol suite TCP/IP (conjunto de protocolos y especificaciones sobre Internet). Esta actuación se completa con extraordinaria eficacia mediante la transición desde el protocolo NCP al nuevo protocolo TCP/IP, dirigida en solitario por el Dr. Postel, y contenida en el documento RFC 801 del Network Working Group, coordinando las operaciones de cambio de los cientos de máquinas entonces conectadas al incipiente sistema (2).

El protocolo IP es en esencia el protocolo de acceso al sistema Internet mientras la parte TCP define el protocolo de tránsito lógico por la red Internet en base a las especificaciones IP. La expansión y consolidación del sistema Internet después de 1974 puede explicarse por varios factores:

✓ Compatibilidad con los sistemas operativos de los terminales ordenadores y otros terminales de usuario, y con las máquinas de conducción lógica de los mensajes.

✓ Adopción temprana por el Ministerio de Defensa USA como protocolo de trabajo. Las redes académicas y experimentales de EEUU juegan asimismo un papel estratégico en la expansión ordenada del protocolo Internet.

✓ Dinamismo de la National Science Foundation, NSF, en verificar la interoperabilidad de las redes de naturaleza distinta en base al protocolo IP, fijas, móviles, satélites, TV por cable, etc.

✓ Compatibilidad con las diversas soluciones de acceso y redes de datos, en especial el sistema ETHERNET de distribución de datos en redes de área local.

✓ Visión estratégica a largo plazo para abrir al acceso al sistema a usuarios de todos los países permitiendo incluso desde los primeros momentos la asignación de los parámetros que son identificadores únicos de los usuarios de Internet; en particular las direcciones numéricas IPv4, hacia países terceros especialmente de Europa y partes de Asia y América. Sin duda, puede calificarse como una visión con altura de miras.

✓ A partir de la década de los 90 la creación por Tim Bernes Lee del WWW como aplicación universal del sistema de uso compartido de información con soporte documentario en tiempo real.

✓ El éxito en el acceso a Internet desde terminales móviles inalámbricos, *Mobile Internet*, a partir del año 2000, completado posteriormente con el *Mobile Web*.

✓ El despliegue masivo de las redes de comunicaciones en banda ancha que hacen posible la transmisión de contenido audiovisual, por ejemplo IPTV, TV sobre protocolo IP, en tiempo real o la voz sobre IP, VoIP.

✓ Sobre todo, la flexibilidad en la concepción del sistema y el cuidado desde sus inicios de situar la interoperabilidad como la primera prioridad han hecho posible estabilizar un sistema operativo con tres mil millones de usuarios de todos los países del mundo, y hacer realidad su utilización universal: «*Everything over Internet, Internet over everything*».

La realidad presente de Internet

La definición de Internet acuñada por el FNC, Federal Networking Council, en 1995 ilustra sobre las principales características de Internet: «Internet se refiere a un sistema global de información que: i) está interconectado lógicamente por medio de un sistema global del espacio único de direcciones basado en el protocolo Internet IP o sus sucesivas extensiones y actualizaciones; ii) es capaz de soportar las comunicaciones mediante el uso del protocolo TCP/IP, *protocol suite*, y sus sucesivas extensiones y actualizaciones; iii) permite ofrecer, usar o hacer accesibles, en áreas públicas o privadas, los servicios de alto nivel multicapa propios de las comunicaciones y de la infraestructura relacionada» (3).

Al igual que otros sistemas organizados a escala global y de aplicación universal: las tarjetas de crédito; la regulación del transporte marítimo o aeronáutico; la coordinación de las posiciones orbitales y de las frecuencias asignadas a los satélites de comunicaciones; el reconocimiento del derecho de patentes o de propiedad intelectual, etc, la aceptación masiva de los mismos se explica a su vez por basarse en reglas sencillas compatibles con los más diversos modos de organización económica, y por ser esenciales al comercio internacional, elemento indispensable de supervivencia de todas las naciones. Internet ha rebasado el umbral crítico y devenido un factor necesario del progreso económico y de los intercambios comerciales.

En septiembre de 2014 Internet alcanza la cifra de 3.000 millones de usuarios (4) que corresponden a una penetración (porcentaje de la población mundial) de 41%, tasa considerable teniendo en cuenta que el uso de Internet requiere un nivel apreciable de educación y destreza intelectual y está asociado a la propiedad de terminales de cierta complejidad y coste significativo, junto al pago del servicio de acceso. La tasa de crecimiento del uso se ha reducido en los años más recientes, es ahora inferior a 10% anual, al encontrar límites físicos a su expansión lineal (capacidad de las redes de comunicaciones), o en los perfiles de las personas potenciales usuarios (ancianos, niños, nivel educativo adecuado, etc). Se considera usuario de Internet a la persona titular de un acceso al sistema, cifra que no coincide con el número de máquinas conectadas sobre todo tras la dramática expansión del acceso desde terminales móviles: teléfonos, tabletas, consolas, TV conectada, y la apertura del acceso a Internet de los objetos, «Internet of Things» (a menudo de forma automáti-

ca), las redes de sensores, el acceso desde la ropa u objetos de uso diario, *wearables*, el automóvil conectado, el avión conectado, o incluso el Internet interplanetario.

Las estadísticas de Internet no parecen ser tan definitivas en cuanto al efecto discriminatorio de su uso (un valor aceptado sin mayor rigor) entre los que tienen y los que no tienen. China por ejemplo tiene tasas de penetración cercanas a 50%, Rusia llega a 60% y Brasil a 54%. Un país africano, Nigeria, conoce una penetración de 38% muy superior a la registrada en los países avanzados hace poco más de una década, y cercana a la media mundial. África pesa el 10% de la utilización global de Internet, ratio no inferior a los registrados para ese continente al ponderar otras variables que definen el nivel de prosperidad económica. La diferencia en la intensidad de uso entre la India (20%) y China (47%) es llamativa respondiendo posiblemente a razones no solamente económicas. De hecho, Internet está propiciando que los segmentos más desfavorecidos de la población puedan acceder a algunos de los bienes y servicios básicos para las personas.

Persisten las diferencias en cuanto al volumen del flujo de información recibido por Internet (5), especialmente en el acceso por redes fijas estando los países desarrollados en una senda de incremento de la velocidad del servicio, explicado en buena medida por el despliegue de los sistemas de fibra óptica e híbridos en esos países con accesos de más de 10 Mbs (*megabits* por segundo). Falta por analizar en detalle el desfase entre la velocidad nominal ofrecida por los proveedores de acceso y la realmente operativa, así como las condiciones en el uso compartido del ancho de banda disponible en particular en las redes móviles celulares 3G/4G. Asimismo se carece de suficiente información sobre el grado de adecuación de la velocidad contratada respecto a los usos más frecuentes de los consumidores.

La regla general «las infraestructuras de transporte (de bienes o servicios) crean siempre su propia demanda» habría de ser contrastada con el cálculo de la capacidad de las redes en función de los usos predominantes o en función de las puntas de utilización, opción esta última que suele no coincidir con el óptimo económico y social. A pesar de la tendencia marcada al tráfico de servicios de media y audiovisuales por Internet que son demandantes de un ancho de banda muy elevado, el flujo realmente recibido en los terminales de usuario depende de las velocidades máximas admisibles en todas las fases de la cadena de entrega del servicio, incluidas las propias del terminal. Con frecuencia, no es viable económicamente exigir al usuario la mejora continuada de sus máquinas receptoras (reposición y compra) al mismo ritmo de mejora del ancho de banda de la red de acceso; a su vez, desde la perspectiva de los operadores de las redes de comunicaciones, no parece soportable una respuesta inmediata mediante inversiones sustantivas en red y *software* a las deman-

das del segmento de consumidores de primer rango en velocidad.

La realidad presente de Internet y su futuro a corto plazo parece fuertemente correlacionada con la evolución de las redes inalámbricas, *wireless*, móviles celulares que utilizan un recurso escaso: el espectro de frecuencias. Es muy difícil encontrar en la era moderna una innovación comparable a la telefonía móvil que en poco más de 20 años ha logrado una tasa de penetración de casi 100% (96%) (6), o sea siete mil millones de suscripciones al servicio de telefonía móvil celular. Ningún otro bien, incluidos los realmente indispensables: agua, alimentos, electricidad, atención médica, etc, alcanza grados de penetración equivalentes. Como es lógico, se perciben desde ahora señales de saturación de los mercados orientados hoy necesariamente a la mejora del standard de acceso, o a la sustitución de terminales, y no tanto a la irrupción de nuevos usuarios.

Las tres cuartas partes de las suscripciones se registran en los países en desarrollo, pero el número de suscripciones de móviles en banda ancha (acceso a Internet) llega a penetraciones del 84% en los países desarrollados frente a 21% en las naciones en desarrollo, de acuerdo con la ITU (7), Unión Internacional de Telecomunicaciones, siendo la penetración media global de los móviles de banda ancha 32%, una expresión del potencial de crecimiento del acceso a Internet a medida que los terminales de segunda generación móviles sean reemplazados por los terminales 3G/4G con acceso continuado a Internet, *always on*.

El peso relevante de los países más pobres en la expansión de la telefonía móvil contrasta con las notables divergencias en el acceso en banda ancha desde las redes fijas: con una penetración media global de 10%, los países avanzados tienen un ratio de 27% frente al 6% de los países en desarrollo. La escasa capilaridad de las redes de comunicaciones en los países atrasados y las inversiones cuantiosas requeridas para desplegar los sistemas de fibra óptica e híbridos explican la situación. No obstante, el aspecto crítico es dilucidar si el acceso a Internet desde el terminal móvil (con mucho menos esfuerzo económico en la extensión de la infraestructura de red) es suficiente para la gran mayoría de los usos por Internet: la respuesta puede ser afirmativa con alta probabilidad.

Estructura e Infraestructura actual de Internet

Tal como han mostrado Barabasi y Bonabeau (8), la red Internet está concebida como una red invariante a escala caracterizada por basarse en la jerarquización acusada de los nodos del sistema: un número reducido de nodos principales que concentran una alta intensidad de conexiones entrantes y salientes, presentando los restantes nodos una actividad e intensidad de conexión notablemente inferior. Son redes que según la teoría de grafos siguen las «leyes de potencia» a diferencia de las redes aleatorias que

responden a la distribución de Poisson y se basan en la similitud del grado de interconexión de los diversos nodos de la red. La gran ventaja de las redes invariantes a escala es la resiliencia a incidentes registrados en la gran mayoría de los nodos, pudiendo ser afectada sin embargo por ataques concertados a uno o varios de los nodos principales, en todo caso una opción altamente improbable en el caso de Internet.

La plena coordinación de integración de las redes de telecomunicaciones y de la red Internet, y la oferta de servicios de comunicaciones, audiovisuales y media sobre protocolo IP configura el referido sistema «*all-IP network*» que fundamenta la operación de las telecomunicaciones. Esta estructura se corresponde con las Nuevas Redes Heterogéneas, NGA (*next generation access*), en base a la multiplicación de las redes y modos de acceso a las redes troncales: fibra óptica, cobre, cable TV, móviles celulares, satélites, enlace micro-ondas, redes de energía, etc, con inteligencia en los extremos de la red sirviendo a terminales digitales: e-phones, ordenadores, tablets, TV digital conectada, *set-top-box*, etc, en banda ancha.

El encaminamiento del tráfico de datos y acceso a Internet en banda ancha por medio de WiFi en hogares y oficinas (*traffic offloading*) se extiende como una solución realista complementando las redes celulares que empiezan por otra parte a proponer modos factibles de *offloading* basados en el uso de *pico-cells* y *fermo-cells*, células de muy reducida dimensión (50/70 usuarios) y cobertura limitada y adaptada al cliente final. Puesto que las redes que soportan el tráfico de Internet corresponden a los operadores de telecomunicaciones es crítico asegurar la conectividad plena en el tránsito de las señales entre operadores. Las soluciones se basan en protocolos, por ejemplo el IPX, *IP exchange* promovido por la asociación GSMA (9) como modelo de interconexión tipo NNI, *network to network interfase*, que asegura la interoperabilidad del tráfico IP, protocolo IP, encaminado por las diversas redes.

Para tal fin debe tenerse en cuenta que los servicios basado en IP son del tipo «*best effort*», existe una probabilidad no cero de no alcanzar la plena integridad y calidad de los datos con un nivel de latencia aceptable al usar el protocolo TCP debido a los sistemas de gestión de la congestión del tráfico o de las tablas lógicas del *routing* propios del TCP, y que pueden dar lugar a la fragmentación o al retraso no deseados de algunos mensajes, mientras que las redes de telecomunicaciones que los soportan son del tipo «*quality of service*» o sea la completa garantía de integridad y calidad de la señal. La realidad es que los servicios basados en TCP/IP se adaptan a las exigencias más estrictas de operación, siendo universalmente utilizados en aplicaciones de voz, datos o media, con requerimientos de calidad y latencia muy diversos.

La propuesta de la Comisión Europea de un Reglamento que regula el Mercado Interior de las Comunicaciones (10), en la etapa final de tramitación en el Parlamento Europeo, introduce la figura del servi-

cio de conectividad ASQ, *assured service quality*, que garantiza la conexión en el punto de interconexión de varias redes permitiendo definir acuerdos de operadores y servicios *all-IP* con los grados adecuados de calidad de servicio y de rendimiento de las redes. El usuario final solamente habría de percibir los beneficios de la consistencia de la operación de principio a fin y la calidad continuada de los servicios en banda ancha de voz, VoIP, VoLTE (basado en el standard 4G de móviles), vídeo, TV digital, etc. Ello hace posible responder a demandas diversas de formato y nivel de calidad de los servicios ofertados con el consenso de los operadores concurrentes en la interfaz de interconexión.

La eficacia de los servicios de interconexión es extensible a las redes de satélites de comunicaciones, SATCOMM, que han confirmado su eficacia plena para la operación de servicios basados en TCP/IP en banda ancha, así como en la inter-operación con las redes terrestres fijas y móviles, a pesar de la latencia inherente a la suma de los tiempos de enlace ascendente y descendente entre el segmento tierra y los satélites geo-estacionarios (11), dos décimas de segundo, significativo para determinados servicios. La tecnología de «aceleración» del protocolo TCP/IP (12) ha resuelto con eficacia las posibles disfunciones derivadas de esa latencia en cuanto el protocolo Internet podría interpretar las mismas como congestión de tráfico y proceder al rechazo de algunos mensajes en los routers y servidores. Actualmente, los SatComm configuran una parte sustantiva del sistema Internet siendo los únicos aptos para llegar a las regiones más aisladas o retrasadas haciendo realidad el acceso en banda ancha de cientos de millones de personas a la información, la cultura o el comercio en línea.

La extensión de Internet a los servicios que precisan una red de sensores supone un reto de especial relevancia por su valor en sectores de la sanidad, los medidores en redes de energía o agua, en el transporte inteligente y el automóvil conectado, en la ropa o complementos, etc. Por sus características de potencia muy reducida, limitado ancho de banda y escasa capacidad de procesamiento de la información, los sensores en red no se adaptan debidamente a la operación del protocolo TCP/IP, siendo preciso utilizar protocolos de transmisión de datos compatibles con TCP/IP más simples integrando la información en concentradores que acceden a Internet en nodos específicos, habiéndose propuesto a su vez una variante del protocolo Internet (13) conocida como RPL, *Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks*, recientemente normalizado por IETF (*Internet Engineering Task Force*), la entidad que elabora los standards de Internet, y que podría en principio ser apropiado para las redes de contadores inteligentes del sistema eléctrico. Para tal fin el RPL minimiza la necesidades de memoria para las funciones de *routing* e introduce un sistema más simple de encaminamiento de los datos.

Puesto que el futuro de Internet, su extensión universal sin restricciones, depende en buena medida del

éxito del Internet Móvil desde las redes celulares que consumen expecto de frecuencias, recurso escaso, es claro que la gestión adecuada de las radiofrecuencias disponibles es una prioridad indispensable para dicho objetivo. La eficiencia espectral de los standards de telefonía móvil ha crecido de forma dramática: la norma última LTE –*long term evolution*– (14) asociada a los sistemas 4G transporta un flujo unitario de información, *megabits* por segundo por MHz de espectro, 30 veces superior que la norma relativamente reciente UMTS/3G de uso general. Pero la respuesta a la demanda de servicios de datos avanzados, vídeo y audiovisual, etc, en una senda de crecimiento exponencial, exige inversiones que han de ser de alto coste mediante decisiones muy rápidas justificadas por la garantía de uso del espectro necesario.

La eficacia de un canal de transmisión radio, ecuación de enlace, depende del rendimiento del ente emisor, del ente receptor, y de las condiciones de propagación de la señal. Las frecuencias más altas permiten transportar un mayor flujo de información pero en condiciones de propagación menos eficientes (menor distancia de cobertura de la señal) lo que implica costes muy superiores de los activos de la red. La protección de los terminales receptores en alta frecuencia y de las Estaciones Base (equipos más capaces) frente a señales concurrentes afecta a la ecuación de enlace y requiere una electrónica compleja e intensidad de consumo de energía o uso de la batería superior. En consecuencia es crítico conciliar los requerimientos de la demanda de flujos muy elevados de transmisión (búsqueda de frecuencias más altas) con costes moderados de propagación y la electrónica menos compleja en terminales y estaciones base. Es por ello imperativo definir las bandas de frecuencia que respondan a dichas especificaciones. Se admite que el espectro por debajo de 6 GHz puede ser elegible a tal fin, si bien el estado actual de la técnica sitúa el óptimo en las frecuencias inferiores a 1 GHz, y especialmente en la banda UHF, 470-790 MHz (15) donde se alojan también los servicios TDT de difusión de la TV digital, de gran relevancia social y cuyos terminales receptores compiten asimismo en el mercado de acceso a Internet en banda ancha (TV conectada) con los teléfonos móviles, tabletas o consolas. Más aún, el tráfico propio del Internet Móvil en banda ancha es marcadamente asimétrico siendo la intensidad del canal descendente, *downlink*, muy superior al canal ascendente, *uplink*, lo que lleva a mayores necesidades de espectro en el primero, alterando las pautas de atribución de espectro a la telefonía móvil mediante canales pareados del mismo ancho de banda en las ramas ascendente y descendente.

Tras la atribución de la banda 800 MHz, 790-862 MHz (16), y las acciones de armonización de distintas bandas entre 900 y 3400 MHz, varias de las cuales pueden utilizarse solamente para servicios *downlink* atendiendo demandas específicas de uso de alta intensidad, la Comisión Europea en colaboración con el ECC/CEPT, Comité Europeo de Comunicaciones, se

apresta a ordenar la banda UHF y en primer lugar la banda 700 MHz, 694-790 MHz, hasta ahora profusamente utilizada por los servicios de difusión de la TV digital TDT. La cercanía de la Conferencia Radio WRC-15 ha propiciado la creación de un Grupo de Alto Nivel presidido por Pascal Lamy (17) anterior Secretario General de la OMC, para asesorar a la CE sobre la estrategia futura en el uso de la banda UHF, muy correlacionada con la estrategia futura del Internet Móvil en Europa, quien ha presentado sus conclusiones y recomendaciones a la CE en Septiembre de 2014.

Se considera esencial disponer de un horizonte temporal definido para la designación de la banda 700 MHz (óptima en eficiencia y economía de propagación) para el uso de los servicios móviles en banda ancha y acceso a Internet estimado por Mr. Lamy entre 2020/2022 (el sector de *broadcasting* cree necesario fijar una fecha posterior) al mismo tiempo que se aporta certidumbre a los servicios de difusión TDT en cuanto a la operación en la sub-banda por debajo de 694 MHz para su atribución hasta la fecha, que se considera, al menos 2030, corresponde a un periodo caracterizado por el uso significativo de la TV digital difundida por ondas hertzianas. La experiencia europea muestra que la TDT sigue siendo un modo principal de recepción TV mientras progresan en cuota de mercado a un ritmo relativamente moderado la difusión IPTV, TV sobre IP, en redes ADSL o CATV (18), o la recepción en ordenadores PC, en terminales móviles de banda ancha, o en otros equipos avanzados.

Podría ser viable, adicionalmente, que tramos singulares de la sub-banda 470-694 MHz fueran atribuidos a servicios «sólo *downlink*» de móviles en banda ancha asegurando la coordinación con el servicio primario TDT en la misma banda. Por otra parte, en el espectro desde 900 a 3400 MHz, además de los servicios ya armonizados para móviles 3G/4G de acceso a Internet, sería posible localizar otros tramos aptos para los servicios móviles descendentes, teniendo en cuenta la concurrencia de servicios que operan en las mismas frecuencias en aplicaciones de gran importancia social y económica: los sistemas PPDR, *public protection and disaster relief*, para la gestión de emergencias; las señales PMSE, *programme making and special events*, indispensables para actividades de media; los sistemas de satélites de comunicaciones, necesarios en los servicios DTH de TV directa al hogar, en la oferta directa de señales en banda ancha, o indirecta, por medio de operaciones de contribución o distribución en el marco de las arquitecturas heterogéneas de red.

Los acuerdos posibles en la Conferencia Radio WRC en 2015 habrían de tener un alcance global puesto que la industria de equipos y sistemas móviles se dirigen a un mercado mundial, y muchos de los usuarios utilizan sus terminales a escala internacional. La coordinación con los otros servicios apuntados como esenciales debe basarse en criterios también globales, especialmente en el caso de los satélites de

comunicaciones que inevitablemente son coordinados a escala global desde sus inicios en cuanto a la asignación de frecuencias y de posiciones orbitales, función llevada a cabo con eficacia por parte de ITU, Unión Internacional de Telecomunicaciones, a partir de las solicitudes presentadas por los Estados miembros de ITU representando a los operadores Sat-Comm de su territorio.

Siendo el consenso entre Estados y Empresas una de las claves de la gestión de espectro orientada a la expansión de Internet en banda ancha, otro de los instrumentos más potentes en el logro de la eficiencia espectral es la ingeniería de planificación y coordinación del espectro que conoce un proceso notable de innovaciones derivadas de la física aplicada y la tecnología de las comunicaciones por ondas radio, sumadas a criterios modernos de regulación técnica del sector. Entre ellas se encuentran:

✓ La gestión flexible del espectro mediante fórmulas de asignación dinámica de los derechos de uso de las frecuencias en función de la utilización real del espectro; la porción creciente de espectro no licenciado con mecanismos claros de prioridad y la garantía del respeto a objetivos de interés general; el uso compartido del espectro en tiempo y espacio entre varios operadores, e incluso licencias compartidas de acceso a la red.

✓ La planificación del espectro de frecuencias tiene como objetivo principal evitar la interferencia perjudicial entre servicios o entre equipos e instalaciones emisores o receptores. Las técnicas de confinamiento de señales por medio de BEM –*block mask edge*– hacen viable la compatibilidad en el mismo canal o en canales adyacentes de señales distintas; algoritmos cada vez más sofisticados protegen los equipos receptores y permiten conseguir «bandas de guarda» entre servicios más reducidas y eficientes, así como espacios de separación entre los canales ascendente y descendente de un mismo servicio, *duplex gap*, más estrechos y eficaces. El filtrado por medios físicos de señales no deseadas posibilita el uso compartido de las instalaciones de la red por parte de sistemas diferentes, produciendo economías apreciables. Mecanismos que favorecen asimismo operar con potencias más altas.

✓ La asignación inteligente del espectro se plasma en las tecnologías de SDR –*software defined radio*– y *Cognitive Radio* –CR–. SDR permite alterar los parámetros característicos de una señal radio: frecuencia, modulación, polarización, etc, o de la función de transmisión, para adaptar la misma al uso de diferentes standards en diferentes bandas de frecuencia. El sistema de *Cognitive Radio* es «consciente», en términos de captación de las frecuencias y los parámetros de una señal, del ambiente electromagnético en su entorno espacial, corrigiendo el estado interno (por ejemplo de un terminal móvil) de sus parámetros de acuerdo con las lecturas de la situación del uso de espectro en el entorno circundante. En particular, el sistema CR detecta las bandas no utili-

zadas y disponibles para su posible uso conociendo la localización geográfica y el tiempo de uso. Para este fin se utilizan cada vez más las Bases de Datos de GeoLocalización que ofrecen esta información en tiempo real. El CR se aplica a mejorar la fiabilidad del canal de transmisión (conocer el entorno facilita evitar las interferencias) y ayuda a respetar los derechos de operadores terceros que pueden tener licencia anterior de uso o ser titulares de alguna prioridad por razones de servicio o de interés general.

Las innovaciones descritas contribuyen de manera directa a la mayor eficiencia espectral, más flujo de información en el canal de transmisión radio (aspecto crítico para el Internet móvil de banda ancha), y garantías predecibles para evitar las interferencias perjudiciales entre servicios distintos concurrentes.

LA COORDINACIÓN DE LAS FUNCIONES TÉCNICAS DE INTERNET. EL PAPEL DE ICANN

Principales elementos funcionales de Internet

El funcionamiento de Internet se apoya en la operación estable de un conjunto de funciones derivadas del protocolo TCP/IP basado en identificadores únicos de cada terminal y máquina conectada a Internet, o que forma parte de la red Internet.

En primer lugar las direcciones numéricas IP ahora expresadas en la versión 4, IPv4, en proceso de emigración a una nueva versión más avanzada IPv6. IPv4 utiliza direcciones en modo binario de 32 bits, cuatro bytes, llegando a disponer de un espacio de direcciones numéricas de 2 elevado a 32, equivalente a 4.300 millones de direcciones que se han revelado insuficientes. El protocolo IPv6 se estructura en 128 bits, disponiendo de un número prácticamente ilimitado de direcciones numéricas.

Los parámetros y protocolos de TCP/IP relativos al acceso y transporte incluyen los sistemas de gestión de mensajes y partes de mensajes, el reconocimiento de los mensajes o de la posible congestión de tráfico: parámetros de acceso, números de los puertos, números de los objetos, etc. Internet es una red de redes, estructuradas mediante los llamados AS, *Autonomous System*, con sus números específicos, ASN, que corresponden a redes con un mismo sistema de encaminamiento, *routing*, de los mensajes. Estas redes AS se interconectan mediante protocolos ad-hoc de intercambio de información.

Los mensajes del protocolo TCP/IP se expresan en datagramas que contienen la información necesaria para hacer llegar los mismos desde el origen al destino indicando las respectivas direcciones IP. Asimismo se contiene la información sobre los puertos y nodos que guían los mensajes hasta el destino final. Por su parte, los algoritmos de *routing*, tablas, seleccionan el camino a seguir entre dos nodos de la red, conociendo a priori los parámetros de las redes conecta-

das y de los diferentes nodos utilizados en la operación. Internet aplica un sistema llamado CIDR –*class interdomain routing*–, que evita distinguir entre diversas clases de redes simplificando el tráfico de los mensajes.

La dificultad de gestionar Internet en base a direcciones IP escritas en modo binario explica la conversión bi-unívoca de las mismas en Nombres de Dominio, DNS, organizados de forma jerárquica a partir de los DN de nivel más alto, *top level* DNS, divididos en:

✓ Genéricos, de uso general expresados mediante tres letras: .com, .org, .net, etc.

✓ De un país (*country code*), expresados mediante dos letras: .es, .fr, .uk, etc.

Los primeros corresponden al principio de la plena conectividad de un sistema Internet sin fronteras; los dominios de país traen causa de los recursos de los Estados soberanos al asignar derechos de acceso al sistema Internet y de uso de un signo distintivo particular, nombre de dominio, según el derecho nacional. Pero ambos aseguran el acceso a un Internet abierto en las mismas condiciones lo que implica la coordinación desde una instancia global (actualmente ICANN) del modo de gestión de los normas de dominio de país y de la calificación del gestor responsable.

La operación de conversión permanente, segura e inequívoca, de Nombres de Dominio en Direcciones IP, y viceversa, se organiza por medio de los llamados *Root Servers*, 13 máquinas de alto rendimiento y fiabilidad interconectadas en torno a un servidor principal A, situado en Dulles, Virginia, que ha venido siendo gestionado por la entidad Verisign. La mayoría de estos servidores raíz se localizan en instituciones públicas y privadas de los Estados Unidos, y dos de ellos en Europa (Londres, Estocolmo). La red de *root servers* constituye el llamado *root space*.

Las funciones IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*)

IANA no es en realidad una entidad con personalidad jurídica sino un conjunto de funciones de coordinación técnica surgidas en las primeras etapas de Internet como consecuencia del proyecto *Terrano de Network Technology*, TNT, un proyecto de la Agencia DARPA ya referida, financiado por entidades públicas y privadas de EEUU y desarrollado por varias empresas líderes en las tecnologías de la información y un conjunto de Universidades de primer rango. Para la administración de las funciones técnicas más críticas se estableció un contrato entre DARPA y el ISI/USC, el Instituto de Ciencias de la Información de la Universidad of Southern California en Marina del Rey. Posteriormente, los contratos de administración de IANA pasaron a ser competencia de la entidad NTIA –National Telecommunication and Information Administration– del Departamento de Comercio de los EEUU (19).

Primero, está la coordinación de la asignación de los parámetros de los protocolos técnicos asociados a

TCP/IP, sobre todo los propios del encaminamiento y tránsito de la información por la red Internet:

- Códigos de Operación, *Operation Codes*
- Números de los Puertos, *Port Numbers*
- Identificadores de los Objetos, *Object identifiers*
- Números de los protocolos, *Protocol Numbers*.

A su vez, IANA efectúa la distribución de las listas de los parámetros asignados, especialmente mediante la publicación *on-line*, así como la supervisión de los documentos técnicos de los parámetros de los protocolos para la verificación de la conformidad a los valores previamente asignados.

Segundo, IANA tiene algunas de las responsabilidades atribuidas a la gestión del espacio *root*, *DNS*, *root zone management*:

- Recepción de las solicitudes de actualización de los contactos con los gestores de los nombre de dominio de primer nivel, genéricos o de país (conectividad plena), de los servidores asociados a la gestión y otros datos pertinentes.
- Recepción de las demandas de delegación y re-delegación (gestor y cambio de gestor) de los *top level DNS*, analizar las mismas, y proponer o llevar a cabo las acciones necesarias en la *root zone*.
- En los últimos años, la responsabilidad relativa a la operación de los DNSSEC –*Domain Name System Security Extensión*–, la especificación promovida por IETF –*Internet Engineering Task Force*–, con el fin de hacer segura la zona *root* y los DNS de primer nivel.

El proceso para efectuar los cambios en la zona *root* parte del operador de la función IANA (antes ISI, ahora ICANN) que realiza la propuesta de las acciones a aplicar, seguida de la autorización por el Administrador de la función IANA (la entidad NTIA, DoC de EEUU), teniendo el acuerdo del Mantenedor de la *root zone*, la empresa «VERISIGN». Esta segunda función, seguramente debido a la intervención directa de una Agencia de la Administración EEUU y de otra entidad delegada por ésta, es ahora objeto de especial atención en el debate general sobre la internacionalización de la función IANA visto como un componente crítico de la futura Gobernanza de Internet, *Internet Governance*.

Tercero, se encuentra la función para la atribución de las direcciones numéricas de los protocolos IPv4 e IPv6, con la asignación de los bloques de tales direcciones a los Registros Regionales de Internet, RIRs, entidades organizadas en las diversas regiones del mundo: América del Norte, Europa, América del Sur, África, Asia-Pacífico, quienes distribuyen este recurso muy valioso y escaso al nivel nacional y finalmente a los proveedores de acceso a Internet, ISPs, para su concesión a los usuarios finales de Internet por parte del ISP que provee el acceso a Internet (20).

Esta función se refiere además a la asignación de direcciones especiales como las relativas a:

- Las propias del *Autonomous System Numbers (ASN)*, redes específicas con sistemas propios en el *routing* de señales.
- La gestión de Nombres de Dominio particulares al margen de la estructura regular de los DNS de primer nivel tales como .ARPA o .INT.

La aportación capital de IETF (*Internet Engineering Task Force*) ↓

Tras tomar la NSF (*National Science Foundation*), las responsabilidades de extensión del uso de Internet, se procede a la creación de la Internet Society (ISOC), como organización de promoción, y del IAB (*Internet Architecture Board*), el ente probablemente de mayor calificación técnica de las instituciones técnicas de Internet. Estas dos entidades IAB e ISOC dan lugar al establecimiento de IETF y a un conjunto de organismos de extraordinaria importancia en la realización de las funciones técnicas de Internet cruciales en el mantenimiento de la estabilidad, la integridad y la seguridad en Internet.

IETF es una comunidad técnica abierta formada por científicos e ingenieros de alto nivel procedentes de las empresas más avanzadas de la sociedad de la información en el mundo, junto a las Universidades de vanguardia y los centros de Investigación y Desarrollo. Basado en el debate abierto y el consenso real (*open debate and rough consensus*) IETF elabora los borradores de las especificaciones Internet que son sometidas a consulta y aprobadas por la comunidad técnica como RFC (*request for comments*), reconocidos universalmente como los standards de Internet, IETF. Este proceso es supervisado por IAB (21)

IETF asegura no solamente el desarrollo e implementación de los standards aplicables, sino su compatibilidad e integración con standards de red, comunicación de datos en la estructura multi-capa propia de Internet y de su interacción con la base de las telecomunicaciones y algunas aplicaciones principales como el *World Wide Web* (22):

- Capa de Aplicaciones: DNS, SMTP, WWW, VoIP, IPTV, HTTP, XML, etc
- Capa de Red de Transporte: TCP, UDP, etc
- Capa de Red de Acceso: IPv4, IPv6, *Mobile IP*, ICMP, etc
- Capa de Transmisión de Datos: ETHERNET, ATM, etc
- Capa de Red física de Comunicaciones: Red Conmutada PSTN, ADSL, CATV, LTE (móviles 4G), WiFi, ETHERNET, SATCOMM, UMTS, etc.

En base a la interacción lógica entre las diversas capas del sistema, IETF puede asegurar el paradigma «*everything over IP, IP over everything*» llevando a la situación presente de un sistema de comunicaciones basado en Internet, *all-IP*, y de redes, servicios o aplicaciones integrados en TCP/IP, o que operan sin

restricciones sobre la suite de protocolos Internet. Para ello IETF intercambia información técnica y especificaciones con otras organizaciones de gran relevancia en la generación de standards comerciales: IEEE, Institute of Electrical, and Electronic Engineers; ITU; ISO/IEC (organismos internacionales de normas); W3C (consorcio WWW); 3GPP (móviles), etc., junto a organismos europeos de primer nivel: ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*); EBU (*European Broadcasting Union*) etc., y un gran número de entidades especializadas en la elaboración de *standards* comerciales basados en la suite de protocolos Internet.

IAB tiene las competencias del nombramiento del editor de los documentos RFC y de la supervisión de los Registros, muy numerosos y diversos de los parámetros de los protocolos IP. Es por otra parte una entidad de alto nivel consultivo en relación con las redes de Internet. IETF cuenta con un órgano de dirección, el IESG (*Internet Engineering Steering Group*), y con un grupo de trabajo focalizado en las tecnologías de futuro, el IRTF (*Internet Research Task Force*) dirigido por el IRSG. Otro cometido importante es la gestión y mantenimiento de los parámetros técnicos y algoritmos relacionados con la *Routing Tables*, o sea el sistema lógico de guiado de los mensajes TCP/IP en el tránsito entre nodos asegurando el camino entre el origen y el destino de los contenidos.

De especial importancia es el papel de IETF para reforzar y complementar las funciones IANA antes descritas. Esta colaboración técnica con el gestor de IANA (antes ISI, ahora ICANN) es una de las principales certidumbres sobre la actividad de Internet y su futuro, de manera especial a partir del año 2000 en base al MoU (*Memorandum of Understanding*), entre IETF y IANA al que se suma ICANN en el proceso de convertirse en el operador de las funciones IANA y habiendo integrado en su organización a la mayoría del personal técnico de IANA. El compromiso primero de IANA (y, por tanto, de su operador) es el desempeño de las funciones primera y tercera en armonía con los criterios técnicos de IETF, y la supervisión de IAB, y de acuerdo con lo establecido en las especificaciones RFC (23).

El nacimiento de ICANN y la cuestión de la Gobernanza de Internet

En el año 1993 el Congreso de los Estados Unidos, considerando la expansión del sistema Internet ahora tutelado por la NSF autoriza el uso comercial de Internet, un proyecto desarrollado enteramente por instituciones norteamericanas. En consecuencia, la NSF delega en la empresa Network Solutions la gestión de los nombres de dominio genéricos de primer nivel: .com; .org; .net. En esos años la extensión de Internet se intensifica por la aceptación creciente del WWW como aplicación general de transferencia en línea de documentos. En paralelo, IANA, administrada por John Postel, establece los primeros acuerdos privados con las organizaciones de diseminación de di-

recciones IP, Registros Regionales, en Europa, Asia y América.

Esta evolución conduce a los primeros intentos de reforma del sistema, a medida que el número de usuarios de Internet fuera de los Estados Unidos se acerca a los propios de este país, que cristalizan en la creación del IAHC (*International ad-hoc Committee*), formado por iniciativa de IANA e ISOC, abriendo las primeras consultas a la comunidad de Internet. El proceso evoluciona con rapidez hacia la concepción de un Internet Global:

– El 1 de julio el presidente de los Estados Unidos, Bill Clinton, en el marco de la Framework for Global Electronic Commerce, mandata al Secretario de Comercio la privatización del sistema de gestión de Nombres de Dominio con el fin fomentar la competencia y facilitar la participación internacional en la gestión. Al día siguiente, el DoC lanza una consulta abierta que recibe más de 400 comentarios sobre la forma de gestionar el proceso (24).

– El 30 de enero de 1998, seis meses después, publica el *Green Paper* que, por primera vez, se refiere no sólo a los DNS sino también a las funciones IANA y subraya que éstas son gestionadas por el Gobierno de EEUU o por entidades autorizadas por éste pero postulando la necesidad de la transferencia progresiva de estas funciones a una nueva entidad de ámbito internacional. Desde el inicio de la consulta la Comisión Europea adopta un papel pro-activo en el debate, dirigiendo una carta conjunta al Vicepresidente de Estados Unidos, de la CE (Comisario Bangemann) y del Consejo de Ministros (Mr. Roche) el 16 de Marzo de 1998 (25), que es tomada en consideración en la redacción del texto final. En ese contexto, diversas entidades públicas y privadas españolas, y profesionales, contribuyen de manera notable al primer debate de la Gobernanza de Internet.

– Esta nueva consulta produce, en junio de 1998, el *White Paper, Management of Internet Names and Addresses* (el título es ya significativo al incluir la gestión de las direcciones IP), publicado por el DoC de acuerdo con los comentarios recibidos y que marca las líneas de la reforma a emprender. Se propone, además de los contenidos de la coordinación de las funciones de Internet, la creación de una nueva entidad, NEW CORPORATION, de perfil internacional y abierta a Directores no americanos (26).

– A lo largo del proceso y de las posiciones expresadas en los diversos textos se aprecia la importancia del Dr. John Postel, y de ISI, como gestor de IANA, y de su futura inserción en la nueva corporación. De nuevo, como en 1981, el Dr. Postel, pasa a ser la persona de referencia en la construcción del Internet Global que hoy conocemos, siendo asimismo el animador de las numerosas reuniones de consulta en distintas ciudades del mundo en el periodo 1997/1998. Comienza a configurarse el modelo de gestión concebido como de «*multistakeholders*» (partes interesadas), basado en las opiniones de una comunidad Internet formada por dichas partes interesadas: empresas y

operadores ICT, entidades públicas, universidades y centros de I+D, profesionales de la propiedad intelectual, usuarios de Internet, gestores de dominios y direcciones IP, etc.

– Desde agosto de 1998 se acometen las negociaciones, apoyadas en las opiniones recogidas en las reuniones abiertas internacionales, para la creación de la New Corp., los estatutos de la entidad y la composición del primer Board de la misma, alcanzando un consenso sobre los puntos principales y las personas encargadas de iniciar el alumbramiento de la corporación y manteniendo un dialogo sin restricciones con la Administración de EEUU (titular último de las funciones a coordinar) y con ISI/Postel en cuanto son gestores efectivos de las mismas, convocando a tal efecto una reunión constituyente en New York a finales de octubre.

– El momento adquiere un perfil dramático al fallecer inesperadamente el Dr. Postel el 16 de octubre, privando al proyecto de su impulsor principal. No obstante, las nueve personas convocadas mantienen el calendario de actividades y la reunión prevista que se celebra en un hotel HOLIDAY INN cercano al Aeropuerto Kennedy de New York. En dicha reunión las nueve personas apuntadas, cuatro de EEUU, una de Japón, una de Australia, y tres europeos (de Francia, Holanda, y de España el autor de este artículo) adoptan una decisión que puede calificarse sin exageración como histórica:

– Constituir la nueva corporación con el nombre de ICANN (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*), como una sociedad sin ánimo de lucro CNFPC, *California Non For Profit Corporation*, con sede en Marina del Rey. A los nueve fundadores se suma durante la reunión Mr. Mike Roberts, primer presidente y CEO de la nueva sociedad, logrando el equilibrio entre ciudadanos americanos y no americanos.

– Aprobar el borrador de Estatutos de ICANN a someter a la comunidad multistakeholder de Internet y a la Administración de EEUU, en base a los criterios expresados en el White Paper de Junio 1998, y que habían sido ampliamente debatidos en las consultas abiertas previas.

– Constituirse los fundadores como Interim Board de ICANN, sometido a la aprobación pertinente por la comunidad Internet, eligiendo como Interim Chairperson a Mrs. Esther Dyson de Estados Unidos.

En la primera reunión internacional de la comunidad Internet convocada en Boston a primeros de diciembre de 1998, y tras una discusión a fondo de los puntos de la Agenda, se aprueba el borrador de Estatutos de ICANN, su constitución y la composición del Board de ICANN. Desde sus primeros pasos ICANN mantiene el estilo de trabajo abierto y la consulta *on-line* o presencial continuada a la comunidad Internet, aspectos reafirmados en los Estatutos de ICANN.

Los principios que inspiran los estatutos de ICANN se plasman en cuatro objetivos fundamentales:

– Estabilidad del sistema Internet, o sea integridad, seguridad y fiabilidad en la operación de los parámetros técnicos.

– La conducción por el sector privado, partiendo de las posiciones de la comunidad Internet estructurada en organizaciones de soporte: DNS, direcciones IP, registradores de Dominios, Propiedad Intelectual, etc. Es una ordenación *bottom-up*, las decisiones emanando de las organizaciones de soporte.

– El énfasis en promover la competencia en los servicios relacionados con las funciones Internet: dominios, acceso, conectividad, etc., facilitando la elección de los consumidores.

– La representación más amplia, tanto geográfica como funcional, en todas las instancias de decisión de ICANN, incluido el Board (27).

Una cuestión de gran alcance era cómo articular la interfase entre el marco de gestión vigente y el nuevo sistema en torno a ICANN entidad todavía desprovista de recursos, en la vía de consolidar a partir de cero una estructura operativa capaz de tomar las responsabilidades asociadas con las funciones técnicas IANA que sostienen cada día el funcionamiento de Internet. Para ello se suscribe entre el DoC y ICANN un MoU (28) sobre un proyecto común, calificado como Joint Project, denominado ahora «de privatización de la gestión de los DNS, nombres de dominio». Las partes se comprometen a diseñar, desarrollar y probar los instrumentos para la gestión de las funciones Internet:

– Las políticas y acciones para asignar los bloques de direcciones numéricas IP.

– La supervisión de la actividad del sistema de *Root Servers*.

– Las políticas y acciones para la introducción de nuevos nombres de dominio.

– La coordinación de la asignación de los parámetros del protocolo TCP/IP.

La inevitable ambigüedad al ordenar las responsabilidades claves compartidas se mitiga al afirmar que se trata de un proyecto de transición mediante el cual ICANN asume de manera progresiva la gestión las funciones IANA (con la importante contribución técnica de IETF), y en acuerdo con la agencia NTIA/DoC de los EEUU. Este objetivo se va completando hasta que en el año 2000 la NTIA concede a ICANN el primer contrato como operador de las funciones IANA (con las limitaciones apuntadas respecto a algunas funciones IANA sobre la autoridad en la *root zone*) pero conservando el esquema de un proyecto conjunto ICANN/NTIA. El contrato del año 2000 se renueva en 2001, 2003, 2006, 2011, y su futuro a partir de 2014 dependerá de los acuerdos alcanzados sobre la Nueva Gobernanza de Internet (29).

¿Cuáles son los poderes de ICANN y su capacidad para obrar? ICANN no es una autoridad de regulación, la legitimidad al establecer políticas y actuaciones emana de los acuerdos propuestos por las

supporting organizations que agrupan a los distintos sectores de la comunidad Internet, y alcanzados por consenso de la comunidad y finalmente adoptados por el *Board* de ICANN. Las acciones se basan igualmente en contratos privados entre ICANN y los actores del sistema Internet: registros de direcciones IP, Protocolos TCP/IP y de Nombres de Dominio genéricos; Agentes registradores de dichos recursos; administradores de los dominios genéricos de País, *country codes*, etc. Cuenta asimismo con grupos asesores en áreas críticas: gestión de Root Servers; Estabilidad y Seguridad de Internet, etc., así como el Grupo Técnico formado por ITU, W3C, ETSI, IAB, además de la relación especial con IETF.

La presencia de los *Directors* europeos puede haber tenido algunos efectos benéficos al recoger los Estatutos de ICANN el principio de que, dentro de las normas de competencia, los recursos de Internet, direcciones, dominios, parámetros, que son recursos escasos han de ser administrados con criterios que dan prioridad al interés general. En segundo lugar, y para prevenir posibles conflictos de extraterritorialidad en la actuación de ICANN respecto a la soberanía de los Estados, aunque incurridas en la búsqueda legítima de la plena conectividad del Internet global, se proclama que ICANN ha de operar «en conformidad con los principios relevantes de la ley internacional y de las convenciones internacionales aplicables, y de las leyes nacionales...», añadiendo «... a tal fin, la corporación cooperará de forma adecuada con las organizaciones internacionales relevantes» (30).

De conformidad con tales enunciados se procede a constituir a principios de 1999 el GAC (*Governmental Advisory Committee*), como organismo asesor del *Board* de ICANN cuyas posiciones deben ser integradas en el proceso de decisión, en especial en las materias relacionadas con las competencias de los Estados, de manera muy particular con la administración de los Nombres de Dominio de País, *country codes*, y la delegación o re-delegación de la gestión de los mismos. El GAC inicia su actividad con unas pocas decenas de naciones y hoy reúne a 137 Estados miembros y 30 Observadores. ICANN no es una «*Treaty organization*», es decir un ente internacional basado en un Tratado aprobado en la correspondiente Conferencia Diplomática (lo que estaría en conflicto directo con la naturaleza privada de la corporación) pero cuenta con los instrumentos estatutarios que hacen posible velar por el interés general, y decidir en consecuencia (31).

En segundo lugar, la búsqueda cooperación con las organizaciones internacionales relevantes se plasma desde los primeros meses en la elaboración en estrecha colaboración con WIPO, *organización internacional de la propiedad intelectual*, y la puesta en práctica del esquema UDRP, *uniform dispute resolution policy*, un mecanismo de resolución de conflictos entre los titulares de Marcas y los tenedores de Nombres de Dominio genéricos de primer nivel, uno

de los compromisos contenidos en el MoU firmado entre NTIA y ICANN en 1998. Tal instrumento de solución extrajudicial es, lógicamente, sin perjuicio de los derechos de las partes para acudir a los Tribunales tras las decisiones de los Paneles creados al efecto. El éxito del sistema UDRP materializado en el gran número de conflictos arbitrados se mide en el porcentaje casi inapreciable de casos que han seguido la vía judicial tras las resoluciones de los Paneles UDRP(en su mayoría estructurados bajo la tutela de la WIPO).

En tercer lugar puede citarse la decisión de asignar un Nombre de Dominio genérico de dos letras a la Unión Europea, *.eu*, indicando su carácter de entidad territorial especial, y evitando la asignación de un dominio genérico de tres letras. Para ello fue necesario acudir a la norma ISO 3166-1 (*international standards organizations*), que lista los territorios reconocidos como Estados o entidades territoriales especiales. Lo que implicaba la decisión favorable de la ISO-3166, *Maintenance Agency*, para incluir la Unión Europea en dicha lista y que, al sustanciarse positivamente, propició la decisión del *Board* de ICANN en 1999 de aprobación formal del Dominio *.eu*. En estos 15 años, el dominio *.eu* ha convivido con los dominios nacionales europeos sin fricciones, y todos ellos con los dominios genéricos de primer nivel con situaciones diversas en el balance de la competencia en el uso de estos signos. En España, el dominio *.es* ha registrado un crecimiento significativo a partir de 2004 siendo ahora una opción de uso apreciable, en concurrencia con los DNS hegemónicos: *.com*, *.org*.

UNA NUEVA GOBERNANZA DE INTERNET PARA EL FUTURO DEL INTERNET GLOBAL ¶

A partir del año 2008 se abre un periodo de cambio en el gobierno de las funciones de Internet impulsado por la enorme expansión del uso del sistema, las nuevas aplicaciones en redes fijas y móviles y el creciente protagonismo de terceros países. En Europa, y sobre todo gracias a ciertas iniciativas del Parlamento Europeo desde 2005, la reforma de la gobernanza de Internet se integra por completo en las prioridades de las políticas de comunicaciones y de la agenda digital. El sentido de las demandas europeas, y de otros países, es la efectiva internacionalización de la tutela de las funciones IANA y la mayor autonomía de ICANN respecto a la supervisión de la Administración de EEUU.

Tras la celebración de reuniones internacionales con presencia de actores privados y públicos, algunas de ellas promovidas por las Naciones Unidas, la generalización de Internet lleva a primer plano la preocupación también general por las garantías de seguridad y privacidad sobre los contenidos transmitidos por Internet que alcanzan a todos los sectores de la economía, la cultura, los medios, la vida pública, etc. En consecuencia, el 14 de Marzo de 2014, la NTIA publica un comunicado señalando su decisión de abrir

un proceso para transferir las competencias de tutela y decisión de NTIA respecto a las funciones IANA con el objetivo de la internacionalización de las mismas (32).

El Plan de Transición delineado habrá de ser conducido por la comunidad Internet de forma abierta con la participación de las partes interesadas. Sin prejuizar las modalidades del proceso NTIA marca la posición singular de ICANN para conducirlo contando con el concurso de entidades como IETF, IAB, ISOC o los Registros regionales de las direcciones IP, RIRs, valorando en primer lugar el papel de ICANN como operador de las funciones IANA desde el año 2000. En base a la legitimidad de origen de la Administración de EEUU y la legitimidad de ejercicio, años 1974-1998, esta última compartida con la comunidad Internet hasta nuestros días, y citando resoluciones anteriores del Congreso de los Estados Unidos, NTIA manifiesta la incompatibilidad con cualquier solución consistente en sustituir a NTIA por una organización Intergubernamental. Más aún, el comunicado dibuja cuatro principios para el proceso de transición:

- Apoyo y reforzamiento del modelo tradicional de «*multistakeholder*».
- Mantener la seguridad, estabilidad y resiliencia del Internet DNS.
- Satisfacer las expectativas de los usuarios globales y los colaboradores de los servicios IANA.
- Mantener el carácter abierto de Internet.

Tales criterios son confirmados por el Assistant Secretary del DoC, EEUU, Lawrence E. Stricking, ante un Comité del Congreso, poniendo el énfasis en los principios de apertura, transparencia, consenso internacional, participación de todas las partes interesadas, etc. Se recuerda que en la iniciativa de EEUU para abrir la gestión de las funciones Internet en 1997, y en los primeros MoU firmado con ICANN, se delineaba el objetivo final de la privatización completa de la coordinación de las funciones técnicas de Internet a medida que ICANN pudiera avanzar en la capacidad para su desempeño (33).

Sin duda, el paso más significativo, y que más puede confortar a los tres mil millones de usuarios de Internet en el mundo, es la inmediata reacción favorable de la comunidad técnica de Internet representada por los líderes técnicos de varias entidades que son críticas en la gobernanza operativa de Internet:

- ICANN, IAB, IETF, ISOC, W3C (consorcio WWW).
- Registros Regionales de direcciones IP de ÁFRICA, ASIA, AMÉRICA del NORTE, EUROPA, AMÉRICA DEL SUR.
- Registros de Dominios de primer nivel de los países de las Regiones indicadas.
- Algunas Redes avanzadas vinculadas a los servicios Internet.

Además de apoyar el anuncio de NTIA los líderes técnicos se comprometen a contribuir al proceso de transición y a mantener la continuidad de la operación de Internet y de las funciones IANA, sin duda la afirma-

ción de mayor alcance para el futuro del Internet global y la sociedad de la hiper-información (34).

En el mismo sentido se han multiplicado las reuniones con perfil institucional agrupando a entes privados y públicos: en primer lugar la reunión NETmundial habida en Brasil en Abril resultado del papel muy activo de ese Gobierno a favor de la reforma (un buen ejemplo de lo posible para un país no miembro del grupo G8) que acogió favorablemente la declaración de la NTIA, extendiendo sus propuestas a otros aspectos como el *Open Internet* (asociado a la neutralidad de la red y a los standards abiertos elaborados por consenso), o los principios de libertad de expresión, de acceso a la información, privacidad, desarrollo, diversidad, etc. Es relevante que Net mundial se pronuncia por el Internet no fragmentado, y que considere prioritario asegurar la estabilidad del sistema, su seguridad y resiliencia (35).

Otras actuaciones similares proceden de instituciones como la Comisión Europea, la OECD, la ITU, etc, cristalizadas en plataformas mundiales como el IGF, Internet Governance Forum. La puesta en práctica corresponde a ICANN tras suscribir sin reservas las propuestas de la NTIA con el fin de coordinar el proceso de Transición hacia la cesión de competencias de ese organismo. ICANN ha constituido el IANA Stewardship Transition Coordination Group que tras varias iteraciones va a coordinar la transferencia de las competencias y tutela de NTIA respecto a IANA. Por otra parte, los directivos de ICANN son parte muy activa en las plataformas que debaten los contenidos y los instrumentos para acoger la gestión de las funciones IANA. Asimismo, ICANN tiene la ventaja de contar con un grupo asesor de 130 Gobiernos, el GAC, que puede ser un canal eficaz de interacción sector público-sector privado en base a los mecanismos de cooperación consolidados entre el ICANN Board y el GAC (36).

La coordinación eficaz de las funciones técnicas de Internet es indispensable para atender el desarrollo acelerado de su utilización. La nueva arquitectura de inteligencia en la red e inteligencia en la periferia de la red (terminales) produce la trivialización de servicios y aplicaciones en:

- Los motores de búsqueda, *search engines*, que activan cualquier demanda de conocimiento e información en pocos microsegundos para todo tipo de contenido y en los medios más diversos de soporte.
- La transferencia a la red, el Internet global, de buena parte del procesamiento lógico hasta ahora propio de las máquinas conectadas para producir los sistemas de *Cloud Computing* que descargan al usuario final de la necesidad de equipamientos complejos en los sistemas propios de información.
- El surgimiento de grandes instalaciones físicas y lógicas de Centros de Datos, *Data Centers*, dotados de decenas de miles de máquinas que resuelven en tiempo real las peticiones de información y de explotación de la misma de todo el mundo.
- La conectividad completa de los objetos, Internet of *Things*, fijos y móviles; de la maquinaria y las fábr-

cas, Internet Industrial; de las personas y sus perfecciones; *Wearable Internet*.

– La superposición eficiente de la red Internet avanzada de comunicación de datos como capa común del sistema que asegura la interoperabilidad de equipos y *software* sobre las redes e infraestructuras básicas de la sociedad, optimizando la operación de las mismas y su seguridad: Redes Inteligentes de Energía, de Transporte, de distribución de Agua y, en general de distribución y Comercio de bienes y servicios.

– La nueva capacidad de predicción devenida como resultado de la explotación de la información, *Big Data*, o de deducción de las regularidades de comportamiento hasta ahora inaprensibles, gracias a la interacción en tiempo real de miles de máquinas y terminales de generación de datos, interconectados.

– Los medios Audiovisuales de Comunicación de Alta Definición distribuidos sobre Internet y el protocolo IP, para hacer accesible la Cultura y el Conocimiento al conjunto de los ciudadanos con un coste que, progresivamente, va siendo una porción menor de las rentas de las personas y las familias.

Para la puesta en valor del potencial del Internet global y dar los pasos hacia la sociedad de la hiperinformación es indispensable que las normas y la regulación sean un factor de estímulo y no de impedimento. El Internet global precisa de la elaboración por consenso y de la aplicación de standards interoperables, compatibles con el protocolo *TCP/IP* y de validez internacional. La construcción de los standards llevada a cabo principalmente por empresas y tecnólogos tiene que cumplir dos condiciones que parecen conflictivas: a) la aceptación general; b) el respeto de los derechos de propiedad intelectual relevantes que protegen las invenciones asociadas, y de las reglas de competencia en los mercados. A tal fin se ensaya y aplica un instrumento jurídico sofisticado, las condiciones FRAND (*fair, reasonable and non discriminatory*), que incentivan la puesta en común de las patentes consideradas como esenciales para generar un standard abierto e interoperable, estableciendo que el activo singular acumulado en las mismas es accesible y licenciable, para las partes interesadas, y en las referidas condiciones FRAND (37).

El propio entramado de Internet precisa acometer tareas que pueden calificarse de ciclópeas en su regulación interna. En primer lugar, completar con la mayor eficacia la transición del protocolo *IPv4* al protocolo *IPv6* en equipos y servicios, mediante sistemas duales de equipos y servicios que son transparentes a ambos modos durante el prolongado proceso de transición. En segundo lugar, profundizar en la armonía entre las normas técnicas de las telecomunicaciones y los protocolos de Internet, por ejemplo en el desarrollo de la nueva arquitectura de las redes heterogéneas más avanzadas, tipo 5G, diseñadas para el Internet global haciendo viable la conexión efi-

caz a millones de máquinas y sensores. En tercer lugar, ofrecer certidumbre por medio de una regulación estable de los mercados de comunicaciones respecto al paradigma del *Open Internet* y la neutralidad de la red, *Net Neutrality*, llegando a conciliar los principios del Internet abierto sin discriminación a todos los ciudadanos y a precios soportables, con la posibilidad de atender a los consumidores que requieren niveles de calidad y de volumen de datos especialmente elevados. Los esfuerzos más recientes del regulador EEUU, la FCC, y del regulador europeo, la CE, en sus propuestas de actualización normativa parece apuntar a soluciones de conciliación de ambos objetivos (38).

Por último, y no lo menos importante, está el impacto del Internet global y la sociedad de la hiperinformación, en el consumo energético. Suele decirse que la electricidad es todavía más necesaria para la economía y la sociedad que Internet, y además el consumo eléctrico crece más deprisa que el consumo energético. Se estima que el sector de la sociedad de la información consumía en 2012 en torno a 6,5% de la demanda total de electricidad acercándose al 10% en el periodo 2016-2017. El Internet global es un instrumento de optimización energética pero puede convertirse por su expansión acelerada en un consumidor voraz de electricidad que pondría en cuestión los objetivos de ahorro y eficiencia energética de 2020 y 2030 formulados por la Comisión Europea y los Estados Unidos.

El aumento notable de la eficiencia energética unitaria en las operaciones de computación, transmisión de datos, almacenamiento, etc. (en Estados Unidos se estima en cerca de 2% por año), es sobrepasado por el aumento explosivo del tráfico en Internet y por tanto el consumo de los equipos y redes. Según estudios de CISCO en 2015 se llegará a la cifra histórica de consumo en unidades de información de 1 *Zettabyte*, pasando a 1,4 *Zettabytes* en 2017, (o sea 10 elevado a 21 bytes, unidad de información equivalente a 8 bits). La intensidad energética del sector de la hiperinformación se acentúa debido a la sustitución de tráfico fijo por tráfico móvil que en 2012 aportaba el 40% del tráfico Internet pasando cinco años después (previsión) a representar el 60% (39).

Así, el tráfico IP por persona llegará a 17 Gigabytes en 2017, casi tres veces la cifra registrada en 2012, lo que es coherente con el aumento del número de terminales por persona en el mundo, que pasará de menos de dos terminales a tres terminales en el periodo indicado. La multiplicación de terminales móviles en banda ancha, que ahora suponen ya el 40% del total de terminales móviles conectados y registran crecimientos superiores a la media del sector, produce la expansión geométrica del tráfico con mayores potencias y uso de frecuencias más altas del espectro, por tanto superior gasto energético en los terminales de usuario y en las Estaciones Base del sistema celular. Los servicios de *Cloud Computing* y los Motores de Búsqueda exigen la instalación de Centros de Datos de gran potencia (pueden llegar algunos a 250 MW

instalados), centros que pueden alcanzar antes de diez años un consumo de electricidad agregado de 1.000 TWh, la mitad aplicado al procesamiento y transmisión de datos, la otra mitad a la refrigeración de las máquinas.

Las previsiones que hoy podamos realizar sobre el Internet global pueden acercarse o no a la realidad futura en función de los hábitos de la vida social, de los valores morales y culturales imperantes en el futuro, de las formas de la organización de la sociedad. Aspectos que parecen triviales relativos a las costumbres esperables en la «sala de estar» de las familias, en cómo se van a recibir los contenidos IP y dónde, dentro de viviendas y oficinas, son capitales para inferir la evolución futura. De qué manera el comercio electrónico es función creciente, o no, de la sociedad urbana universal, sea estimulando la compra sobre Internet y la autosuficiencia de las personas, sea por el contrario incitando a la vuelta a la vida en la «polis», a la compra directa como forma de comunicación completa entre los vecinos. Cómo van a progresar las variables de nivel cultural medio y, especialmente, de la actitud intelectual ante los hechos cotidianos (propiciadora del uso intensivo de Internet). Podría la difusión masiva y simultánea de mensajes similares facilitar la aparición de comportamientos gregarios?

Lamartine afirmaba: «*je suis concitoyen de toute âme qui pense*», abriendo la correlación entre pensamiento (actitud de preguntarse sobre cosas y hechos) y solidaridad entre las personas, algo que la experiencia suele confirmar. Por su parte John Donne postulaba en sus famosas Meditations «*no man is an island*» una percepción anticipada de la realidad que ofrece el Internet global. Junto a la reflexión inteligente será sin duda nuestra capacidad para conocer, evaluar e inferir la evolución de la tecnología que sustenta el Internet global, la variable explicativa.

CONCLUSIONES ¶

En consecuencia es apropiado cerrar estas líneas con un párrafo escrito por Winston Churchill en 1931, hace 83 años nada menos, un modelo real de anticipación temprana que recogemos en el idioma original:

«*Wireless telephones and television, following naturally upon their present path of development, would enable their owner to connect up with any room similarly installed, and hear and take part in the conversation as well as if he put his head through the window. The congregation of men in cities would become superfluous. It would rarely be necessary to call in person on any but most intimate friends, but if so, excessively rapid means of communication would be at hand. There would be no more object in living in the same city with one's neighbour than there is today in living with him in the same house. The cities and the countryside would become indistinguishable. Every home would have its garden and its glade*» (41)

NOTAS Y BIBLIOGRAFÍA ¶

- [1] Vint G. Cerf/Robert E. Kahn: «A protocol for packet network intercommunication» IEEE Transactions on Communications, Vol Com-22, mayo 1974.
- [2] RFC 801, Network Working Group, J.Postel, ISI, November 1981. www.ietf.org
- [3] Definición de 5 de octubre 1995. FNC se creó para coordinar diversas agencias del Gobierno EEUU de I+D, y fue integrado más tarde en el NIRT, Network and Information Research and Technology Development. Ver https://nitr.gov/fnc/Internet_res.aspx
- [4] Internet Live Statistics. Elaboration of Data by ITU and UN Population Division. 2014. Ver www.internetlivestats.com
- [5 a 7] ITU, International Telecommunications Union. «World 2014: ICT Facts and Figures». Ver www.itu.int
- [8] AL. Barabási/E. Bonabeau: «Les réseaux invariants d'échelle». *Dossier pour la Science*, nº 66, Enero-Marzo 2010.
- [9] GSMA, Asociación de Operadores y Empresas de comunicaciones móviles. Ver www.gsma.com/technicalprojects/technical-programme
- [10] Proposal for a Regulation of the EP and the Council laying down measures concerning the European single market for electronic communications... COM(2013) 627 final. 11/09/2013.
- [11] Los satélites geoestacionarios están situados en una órbita a 30 mil Km de altura, aproximadamente, con un periodo orbital en sincronía con el periodo de rotación de la tierra, iluminando siempre la misma estación base en tierra, estaciones que pueden fijar la antena orientada a la posición del satélite.
- [12] TCP acceleration, tecnología para compensar los efectos perniciosos de la latencia de la señal en satélites GEO operando el protocolo TCP, debido a errores de interpretación de la misma como congestión del tráfico. También conocida como tecnología PEP, performance enhanced proxy. Ver por ejemplo www.viasat.com
- [13] J.Vasseur and others: «Routing metrics used for path calculation in low power and lossy networks». IETF, RFC 6351, Marzo 2012. ver www.ietf.org
- [14] LTE, long term evolution, o sistema 4G, standard de acceso a redes celulares de alta capacidad y conexión «always on» a Internet. Ver www.3gpp.org
- [15-16] Ver informes técnicos del Comité Europeo de Comunicaciones ECC, dentro de la estructura CEPT (comité europeo de correos y telecomunicaciones). Ver el informe de ECC de Julio 2014 sobre la banda UHF (en consulta) www.cept.org/ecc
- [17] Pascal Lamy: Report to the European Commission: «Results of the work of the high level group on the future use of the UHF band(470-790 MHz)». 29 Agosto 2014. Ver ec.europa.eu/digital-agenda/
- [18] IPTV, la TV digital en banda ancha sobre protocolo IP distribuida sobre líneas ADSL o CATV, TV por cable. Ver por ejemplo www.hbbtv.org
- [19] NTIA, National Telecommunication and Information Administration, Departamento de Comercio, EEUU, Federal Register, vol.76, nº 38, 25 Febrero 2011. Ver www.ntia.doc.gov
- [20] Las entidades Regionales de Registro de direcciones IP son: África, AfriNIC; Asia Pacífico, APNIC; América del Norte, ARIN; América Latina y Caribe, LACNIC; Europa, RIPE NCC. Ver www.icann.org
- [21] Ver www.ietf.org y www.iab.org
- [22] Además de los acrónimos conocidos: DNS, WWW, VoIP, TCP, IP, ETHERNET, ATM, etc, referir a SMTP, transmisión de correo electrónico; http, transmisión de hipertexto en la world wide web; XML, lenguaje de marca extensible para codificar documentos en el Web; UDP, user datagrama protocol, de transporte de mensajes en Internet, apto para servicios de broadcasting.

- [23] MoU concerning the technical work of the IANA, suscrito por Chair of IETF, Fred Baker; Chair of IAB, Brian Carpenter; President of ICANN, Mike Roberts. 1 de Marzo de 2000. Ver www.ietf.org
- [24] President Clinton: «Framework for Global Electronic Commerce», 1 Julio 1997. Ver www.ecommerce.gov
- [25] Carta del Consejo de la Unión Europea y de la Comisión Europea al VicePresidente de los EEUU, Albert Gore, sobre el «US Paper on Internet Paper on Internet Governance», firmada por Mr. Roche, Presidente del Consejo, y Martin Bangemann, Comisario de la CE. 16 de Marzo de 1998.
- [26] NTIA: White Paper sobre «Management of Internet Names and Addresses», Statement of Policy, Junio 1998. Ver www.ntia.doc.gov
- [27] Recursos, Estatutos y Composición del Board de ICANN, Internet Corporation for Assigned Names and Numbers. Ver www.icann.org
- [28] MoU between de US Department of Commerce and ICANN, 25 de Noviembre de 1998, y firmado por Mr, Joe Sims, Counsel to ICANN, y Mrs. J. Beckwith Burr, Associate Administrator, NTIA. Ver www.icann.org/general/icann-mou-25nov98.htm
- [29] Ver referencia nº 19.
- [30] Estatutos de ICANN 1998. Ver www.icann.org
- [31] GAC, Governmental Advisory Committee, ICANN. Ver <https://gacweb.icann.org/>
- [32] «NTIA Announces Intent to Transition Key Internet Domain Names Functions» 14 de Marzo 2014. Ver <http://www.ntia.doc.gov/press-release/2014/ntia-announces-intent-transition-key-internet-domain-name-functions>
- [33] Testimony of the Honorable Lawrence E. Strickling, Associate Secretary for Communications and Information, NTIA, US DoC. 10 Abril 2014. Ver <http://www.ntia.doc.gov/speechtestimony/2014/testimony-assistant-secretary-strickling-hearing-should-department-commerce-rel>
- [34] Internet Technical Leaders Welcome IANA Globalization Progress. Marzo 2014. Ver www.icann.org
- [35] NETmundial: Global Multistakeholder Meeting on the Future of Internet Governance. Ver netmundial.br/es
- [36] IANA Stewardship Transition Coordination Group, Septiembre 2014. Ver www.icann.org
- [37] Ver EC Guidelines on Horizontal Agreements, (OJ. C11, 14/01/2011), y EU Regulation on Standardization 1025/2012, (14/11/2012, OJ L316)
- [38] Ver referencia nº 10
- [39-40] Informe CISCO White Paper 2013:«The Zettabyte Era-Trends and Analysis» www.cisco.com
 – MIT Energy Initiative, Otoño 2013, «MIT and UC Berkeley launch energy efficiency research project» www.mit.edu
 – Mark P. Mills, CEO Digital Power Group: «The Cloud begins with Coal. Big Data, Big Networks, Big Infrastructure and Big Power» August 2013. Sponsored by NMA y ACCCE. Ver www.tech-pundit.com
 – US Energy Information Administration: «What are the major sources and users of energy in the United States ? 1 Agosto 2013. Ver www.eia.gov
- [41] Winston Churchill: «Fifty Years Hence», STRAND Magazine, Diciembre 1931. Es posible que Churchill contara con alguna aportación de su asesor científico, profesor F.A Lindemann, para este artículo.

