

ENUM

y sus perspectivas

Por MsC. Marcos Antonio Pérez García
Técnico en Telemática, Gerencia de Asuntos Regulatorios, DDAR, ETECSA
marcospe@etecsa.cu

Introducción

Uno de los desafíos técnicos, planteados por la inminente integración entre las redes de conmutación de circuitos y las redes de conmutación de paquetes, es la forma de dirigir las llamadas que pasan de un servicio de red a otro. En general, se pretende que exista un plan de acceso de abonados integrado mundialmente. Por ejemplo, una llamada al mismo número de teléfono UIT-T E.164 llegaría a un abonado independientemente si se utilizan tecnologías de red basadas en IP o en la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC).

En la actualidad, es posible originar llamadas desde redes con direcciones IP a otras redes, pero es poco común terminar las llamadas procedentes de otras redes en redes basadas en IP. Evidentemente se debe desarrollar e implementar algún tipo de esquema mundial de numeración / direccionamiento a través de la RTPC y de redes IP.

En el artículo “Identificador personal para las telecomunicaciones” —Tono, No. 1 de 2005— se explican, de forma concisa, algunas de las soluciones que se han propuesto para resolver un identificador personal para las telecomunicaciones: único, accesible global y portable —independiente del proveedor, la red y los servicios—.

En este artículo se analizará con más detalles la Correspondencia de Números Telefónicos —más conocido como ENUM—. Aunque

a primera vista parece un sencillo protocolo, el ENUM plantea cuestiones regulatorias y de política que serán abordadas junto con aspectos técnicos y de explotación.

¿Qué es el ENUM?

ENUM es un protocolo desarrollado por la *Internet Engineering Task Force's* (IETF) y es el resultado del grupo de trabajo *Telephone Number Mapping* de donde se forma el acrónimo ENUM —letras subrayadas—.

El protocolo ENUM depende de la correspondencia de partes o de la totalidad de la Recomendación UIT-T E.164 —Plan Internacional de Numeración de las Telecomunicaciones Públicas— con el Sistema de Nombres de Dominio de Internet (DNS) y constituye una solución pragmática para usar recursos y protocolos existentes.

El concepto desarrollado por la IETF es sencillo:

- ♦ Utilizar, por su disponibilidad y unicidad, los números E.164 como único identificador.
- ♦ Utilizar como base de datos, el Sistema de Nombres de Dominio de Internet —*Domain Name System* (DNS)—, porque está disponible, funciona, es global y confiable.
- ♦ Introducir un número E.164 y acceder a los punteros para los servicios.

Así, el protocolo ENUM implica la asociación de números telefónicos con recursos de red o servicios en el DNS. Por ejemplo, un determinado

número E.164 puede unirse, entre otras cosas, a otros números E.164 —como números fax o móvil, sistemas de correo vocal—, una dirección de telefonía IP, o de correo electrónico, un sitio Web, otros recursos o servicios que pueden identificarse a través del comúnmente utilizado esquema de direccionamiento Internet denominado Identificadores Uniformes de Recursos —en inglés, *Uniform Resource Identifiers* (URI)—.

Los URI son cadenas de caracteres que identifican recursos como documentos, imágenes, archivos, bases de datos, direcciones de correo electrónico u otros recursos o servicios, en un formato estructurado común. Los tipos más conocidos de URI son los Localizadores Uniformes de Recursos —*Uniform Resource Locators* (URL)— que se utilizan para localizar los recursos de la *World Wide Web* (WWW).

El protocolo ENUM utiliza los llamados registros de recursos DNS del Puntero de Entidad de Denominación —en inglés, *Naming Authority Pointer* (NAPTR)—, con la finalidad de determinar los métodos o servicios disponibles para contactar un nodo específico identificado mediante un número de la Recomendación E.164. La figura 1 muestra, en su parte derecha y de forma esquemática, algunas de las aplicaciones que pueden ser asociadas con los números E.164.

Con la utilización del ENUM, los números E.164 se insertan en un

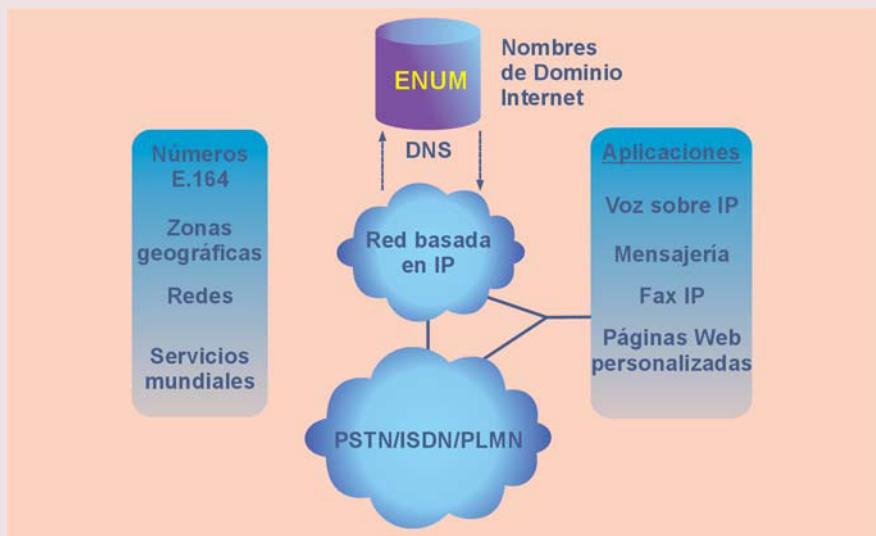


Figura 1 Aplicaciones asociadas con los números E.164

dominio estructurado, cuidadosamente definido del sistema DNS. En un ambiente puramente IP, ENUM permite a los usuarios finales usar sus números E.164 como nombre de dominio comúnmente usado para una cantidad variable de aplicaciones.

Esta iniciativa también permite la interconexión entre la RPTC y las redes basadas en IP.

El plan de numeración E.164 de la UIT-T, el DNS y sus diferencias

Existe sólo un plan internacional de numeración para los números telefónicos públicos, el cual se define por la Recomendación E.164 de la UIT-T, como “El plan internacional de numeración de las telecomunicaciones públicas”.

La Recomendación E.164 define la estructura de números y la funcionalidad para las cuatro principales categorías de números que se utilizan en las telecomunicaciones públicas internacionales:

- las zonas geográficas,
- los servicios mundiales,
- las redes y
- los grupos de países.

Para cada una de estas categorías se ofrece información de los componentes de la estructura de numeración y el análisis de los dígitos necesarios para encaminar las llamadas de manera satisfactoria.

Por su parte, el Sistema de Nombre de Dominio es un servicio Internet que traduce nombres de dominio en direcciones IP. Dado que los nombres de dominio son alfabéticos, se utilizan como recursos nemotécnicos fáciles de recordar. Sin embargo, la Internet se basa en direcciones IP, por lo tanto, cada vez que se utilice un nombre de dominio, el servicio DNS debe traducir el nombre en la correspondiente dirección IP. Por ejemplo, el nombre de dominio www.ejemplo.com podría traducirse en 198.105.232.4. Realmente, el sistema DNS constituye una red. Si un servidor DNS no conoce cómo traducir el nombre de un dominio, pregunta a otros, y así sucesivamente hasta recibir la dirección IP correcta.

Los dominios de Internet forman la base del esquema de nombres Internet. Por ejemplo, www.cnn.com es un nombre de dominio, y cnn.com es un dominio. Los dominios se estructuran en forma de árbol invertido (Figura 2). Cada rama u hoja del árbol se etiqueta con una cadena alfanumérica simple, y el nombre de dominio completo se escribe con la unión de todas las cadenas separadas por punto. Así www.cnn.com es el nombre de dominio de tercer nivel. El dominio raíz es com, el segundo nivel es cnn y el tercero www.

El DNS organiza los nombres de los servidores y dominios jerárquicos. Un dominio es una colección de sitios que están relacionados de alguna manera, ya sea porque forman parte de una sola red —por ejemplo, todos los servidores de una universidad—, debido a que pertenecen a una organización —por ejemplo, la ONU— o porque estén geográficamente cercanos. Así, las universidades pueden estar agrupadas en el dominio edu, y cada universidad en un subdominio separado al cual sus servidores se subordinan.

Cada nombre de dominio contiene un sufijo que indica a qué dominio de nivel superior (TLD) pertenece. Existe un número limitado de estos dominios. Los más frecuentes son: edu para instituciones educacionales; com para organizaciones comerciales; org para las no comerciales; net, pasarelas y otros servidores administrativos de la red; mil, organizaciones militares; y gov para instituciones gubernamentales. Técnicamente, los primeros cuatro pertenecen a la parte de los Estados Unidos de la Internet, aunque se pueden encontrar otros sitios que no son americanos con estos dominios, especialmente en el dominio net. No obstante, mil y gov

se utilizan exclusivamente en los Estados Unidos. Existen otros dominios de nivel superior como .int, que forman un conjunto de gTLDs autorizados. Por ejemplo, sólo a organizaciones intergubernamentales se les autoriza registrarse bajo el TLD.int.

Cada país, excepto los Estados Unidos, generalmente utiliza su dominio de nivel superior con un código de dos letras que lo identifica, definido en ISO-3166. Así en Suecia el dominio es **se**, en Francia el **fr**, para Australia el **au**, el de Cuba **cu**, Japón **jp**, etc. Debajo de estos dominios de nivel superior, el NIC de cada país organiza libremente los nombres de los servidores.

Con la organización del espacio de nombre en nombres de dominios jerárquicos, se resuelve el problema de la unicidad de los nombres de los servidores. Además, permite delegar autoridad de un subdominio a sus administradores, que pueden dar el nombre que deseen a sus servidores, y asignar las direcciones IP de su red que estimen convenientes.

Con este propósito el espacio de nombre se divide en zonas, cada una localizada en un dominio —nótese la sutil diferencia entre una zona y un dominio—. El dominio berkeley.edu comprende todos los servidores de esa universidad, mientras que la zona berkeley.edu incluye sólo los servidores, por ejemplo, administrados por el Departamento de Computación.

Estados Unidos y los restantes en Japón, Suecia y el Reino Unido. La coordinación y la gestión del DNS es un tema muy polémico particularmente con los TLD.

La mayoría de los servidores raíz consisten en múltiples dispositivos que comparten una dirección IP común. Así el k.root.server.net se encuentra distribuido en diferentes localizaciones de Europa.

Cuando una aplicación necesita consultar información de la UIT —Unión Internacional de Telecomunicaciones—, contacta al servidor de nombre local, que realiza el proceso iterativo de la consulta. Comienza con el envío de una consulta al servidor de nombre del dominio raíz, pregunta por www.itu.int. El servidor de nombre raíz reconoce que este nombre no pertenece a su zona de autoridad, sino a una inferior la itu.int, por lo tanto, responde buscar más información en esa zona y adjunta una lista con todos los servidores de nombre itu.int con sus correspondientes direcciones. Entonces, el servidor local de nombre local consulta uno de ellos que sabe que el nombre del servidor buscado se encuentra en su zona y apunta hacia sus servidores. El servidor local, por tercera vez, consulta uno de ellos que, finalmente, reconoce que ese nombre pertenece a su zona, y devuelve la correspondiente dirección IP. Este proceso iterativo se conoce con el nombre de resolver.

Los servidores de nombres mantienen en una memoria caché las respuestas que van obteniendo durante la resolución de consultas y las utilizan para acelerar ulteriores búsquedas sin necesidad de consultar los servidores de nombre raíz.

Aunque tienen muchas otras diferencias, tanto el plan de numeración de las telecomunicaciones públicas internacionales E.164



Figura 2 Jerarquía DNS

La parte superior del **árbol invertido**, que se muestra en la figura 2, está compuesta por un sistema de servidores de nombre raíz que contienen información autorizada de todos los dominios de nivel superior. El sistema lo componen 13 servidores de nombre raíz: consistente de un servidor a.root.server.net y 12 servidores de nombre TLD. El servidor central o servidor *a* replica diariamente los cambios al resto de los servidores. La mayoría de los servidores raíz, incluso el *a*, están en los

como el DNS, son sistemas de direccionamiento jerárquico y, como todos los sistemas de este tipo, tienen una raíz.

En el caso del E.164, el cambio de valores en el software, por ejemplo, de los conmutadores, se realiza de forma distribuida: no hay ninguna base de datos central ni conmutador o computador a partir de los cuales todas las modificaciones relacionadas con el indicativo de país, previamente acordado en los órganos de normalización de la UIT, E.164 se propaguen a los sistemas subsidiarios —como es el caso del DNS—.

De ahí se pudiera pensar en una raíz administrativamente coordinada, caso E.164, y en una raíz técnicamente coordinada, caso DNS. En este último, como se ha analizado, existe un único punto de control de toda la infraestructura técnica, aspecto inconveniente para las soberanías nacionales. La responsabilidad, delegación y autoridad de la zona raíz ENUM es un punto de análisis por parte de los estados miembros de la UIT.

Aplicación práctica del ENUM

El principio de convertir números E.164 en nombres DNS es relativamente simple y consiste en invertir el orden de las cifras de un número E.164 y concatenarlo con un dominio raíz ENUM, por ejemplo, el 53 7 860 0391 se convierte en 1.9.3.0.0.6.8.7.3.5.e164.TLD que se almacena en una base de datos distribuida disponible al público en la Internet o DNS.

Las figuras 3 y 4 ilustran, respectivamente y de forma simplificada, en los ambientes H.323 y SIP, el establecimiento de una llamada desde un teléfono de la RTPC, con número E.164: 1 908 555 1234, a un terminal en una red basada en IP cuyo número E.164 es el 53 7 860 0391 —puede apreciarse que el protocolo ENUM primero transforma los números E.164 en nombres de dominio y, después, utiliza el Sistema de Nombres de

Dominio de Internet para acceder a los ficheros de los cuales se obtienen los URI's.

Cuando la llamada iniciada en la RTPC llega al *gatekeeper* habilitado con ENUM, este cambia al formato ENUM o nombre de dominio 1.9.3.0.0.6.8.7.3.5.e164.TLD y el DNS devuelve el URI relacionado con el formato requerido H.323 del usuario —h:323:user@gk.cu—. Es necesaria otra consulta *gatekeeper* para conocer la dirección IP del terminal del subscriptor. Entonces la llamada queda completada al cliente (terminal) H.323 relacionado con el número E.164 (53 7 860 0391). En el ambiente H.323, el *gatekeeper* es el elemento controlador dentro del dominio específico y controla un determinado número de pasarelas en dicho dominio H.323.

En un ambiente con protocolo SIP —*Session Initiation Protocol*— cuando una llamada iniciada en la RTPC arriba a la pasarela con funcionalidad ENUM, esta convierte el número al nombre de dominio 1.9.3.0.0.6.8.7.3.5.e164.TLD y el DNS devuelve el URI relacionado con el usuario SIP requerido —sip:user@sipsvrc.cu—. Se requiere de otra consulta al DNS para conocer el servidor para el user@sipsvrc.cu. El DNS retorna la dirección IP del servidor SIP y, por último, se completa la llamada al terminal SIP relacionado con el número E.164 +53 7 860 0391.

Aspectos administrativos del ENUM

La administración del ENUM está relacionada con aspectos como el control de la base de datos que, a su vez, están vinculados con la forma en que se implementa el ENUM, y

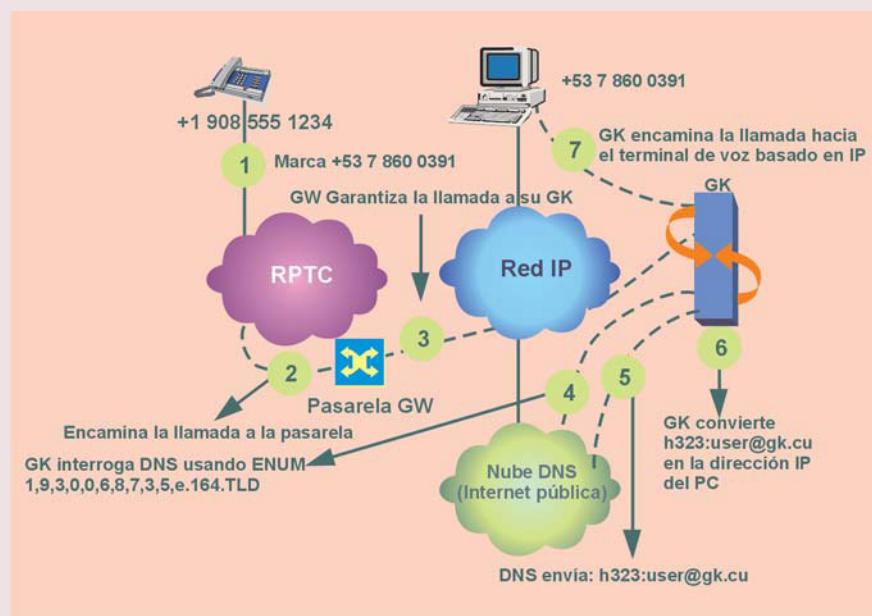


Figura 3 Establecimiento de una llamada de un usuario con base en la PSTN a un cliente en una red basada en IP en un ambiente H.323

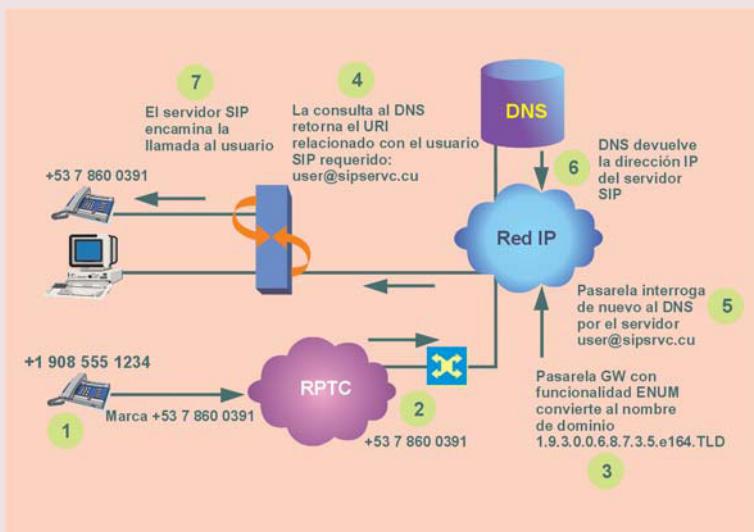
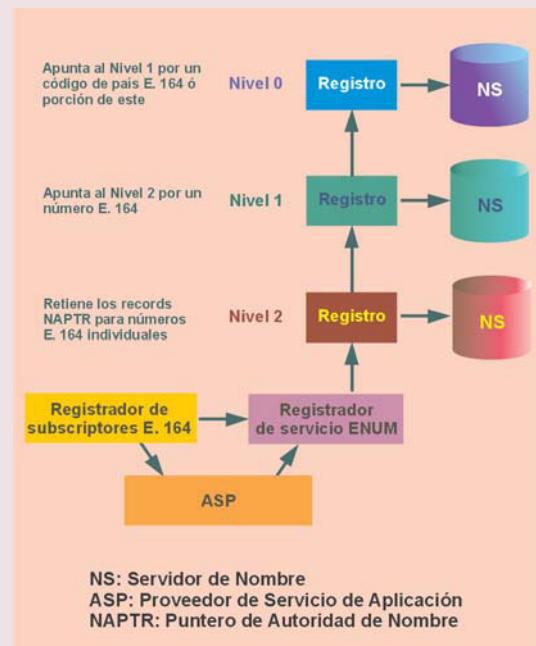


Figura 4 Establecimiento de la llamada de un usuario, con base en la RPTC, a un cliente de una red basada en IP en un ambiente SIP



NS: Servidor de Nombre
ASP: Proveedor de Servicio de Aplicación
NAPTR: Puntero de Autoridad de Nombre

cómo se depositan los datos por los suscriptores al servicio ENUM.

Para implementarlo es necesaria una arquitectura de niveles. La figura 5 ilustra las entidades que conformarían esta arquitectura, sus posibles suministradores de datos y algunas de sus interrelaciones.

El nivel 0 es el que corresponde a la raíz ENUM, es decir, e164.TLD. Los ficheros a este nivel contienen punteros a los códigos de país E.164 del nivel 1 ENUM.

El nivel 1 es el que corresponde a los códigos de país E.164. Los ficheros de este nivel contienen punteros hacia los servidores de nombres autorizados del nivel 2 ENUM para números individuales o bloques de números de las numeraciones E.164 correspondientes a los diferentes códigos de país.

El nivel 2 es el que corresponde a los números E.164, es decir, a los números nacionales significativos —N(S)N—. Los ficheros a este nivel contienen NAPTR con números E.164 completos.

Al mismo tiempo los ficheros NAPTR apuntan hacia los Provee-

dores de Servicios de Aplicaciones —en inglés, *Application Service Providers* (ASP)— que suministran estos servicios. Los NAPTR pueden también contener los URL para llegar directamente al punto que el usuario quiere contactar.

Aspectos administrativos generales

Antes de adoptar el protocolo ENUM, cada estado debe considerar aspectos importantes; algunos de carácter internacional y/o nacional, y otros, con carácter de operación o administrativo.

Para asegurar el papel soberano de cada estado miembro de la UIT, con relación a la asignación y gestión de los recursos de numeración, la UIT necesitaría garantizar que cada estado miembro autorice, específicamente, la inclusión de su recurso indicativo de país de la Recomendación E.164 en el DNS.

Una vez garantizado, la administración y la gestión del resto de los recursos E.164 en el DNS son consideradas un asunto nacional.

Figura 5 Inserción de números E.164 en los DNS

A continuación se describen, de forma breve, algunos puntos a tener en cuenta:

Si un Plan Nacional de Numeración contempla Códigos Nacionales de Destino (NDC), se debe considerar si para el nivel 1 se incluyen las numeraciones correspondientes a los diferentes NDC asociadas a una sola entidad operadora de servidor DNS o si los arcos de numeración de cada NDC se relacionan en diferentes entidades.

Entonces, debe considerarse la forma de depositar las numeraciones en los registros, que puede ser sobre la base de números individuales o bloques de números. El primer caso facilita la portabilidad de número.

Con respecto al nivel 2, la entidad que brinde el servicio está sujeta a las reglamentaciones de los estados; pero, en cualquier caso, el ente designado deberá validar el derecho

del subscriptor a tener un fichero ENUM para su número en cuestión. Igualmente se necesita una logística para las notificaciones entre los niveles ENUM así como la cesación de estos o los cambios de servicios (portabilidad).

Cuando se planifique la introducción del servicio ENUM será necesario considerar lo siguiente:

- ♦ La seguridad de la información y el DNS —los que tengan acceso a la lectura de los datos almacenados en los DNS públicos deben tener la certeza de obtener información válida, por lo tanto, el aspecto de la seguridad es primordial—.
- ♦ También se considera esencial que los entes que tengan la autoridad de añadir, cambiar y borrar datos en el sistema ENUM deben tener, entre otros aspectos, la certeza de que:
- ♦ La actualización de los datos se realiza sobre el directorio de servicios correcto.
- ♦ Tendrán acceso a los datos de forma ininterrumpida.
- ♦ Se les permitirá realizar actualizaciones sólo si presentan acreditaciones válidas.

Los aspectos de la seguridad en las redes son esenciales, pues cuando se transmiten ficheros ENUM, URI no autorizados pueden reemplazar los URI correctos, y causar redireccionados maliciosos.

Conclusiones

El sistema ENUM desarrollado por la IETF, es una solución conceptualmente sencilla al problema de un identificador único para las telecomunicaciones, que permitirá al abonado que origine una llamada

seleccionar entre diferentes servicios, a través de un identificador amigable y conocido, como es el número telefónico E.164.

Para asegurar la integridad de los números E.164 y proteger a los abonados, se necesita una administración apropiada de la base de datos. Este aspecto es considerado por los organismos internacionales de normalización de las telecomunicaciones y las autoridades nacionales relacionadas con esta solución.

La responsabilidad, la delegación y la autoridad de la zona raíz ENUM es un punto de análisis por parte de los estados miembros de la UIT, por lo que la coordinación y la gestión del DNS es un tema muy polémico particularmente con los TLD.

Las investigaciones realizadas han mostrado que, una vez solucionado y establecido el marco internacional, la implementación de los procesos operacionales y administrativos de los niveles inferiores del sistema ENUM corresponderá a cada estado miembro.

Existen aspectos técnicos que también son objeto de estudios: la infraestructura DNS fiable, robusta y sumamente disponible sin puntos de fallos; la integridad de datos y autenticación; las aplicaciones de seguridad mediante firmas digitales criptográficas; las consideraciones sobre la privacidad; y la seguridad en las redes de telecomunicaciones, etc.

Por último, debe esclarecerse que aún no se han identificado todas las potenciales aplicaciones del ENUM. Una aplicación primaria del mismo sería la VoIP y los servicios relacionados —por ejemplo, SMS y MMS—.

Bibliografía

Dominios de nombres Internet Berkeley. Disponible en: <http://www.isc.org/products/BIND/> (Consultado: 15-07-05)

ETSI EG 201 940 (04/01): "Human Factor (HF); User identification solutions in converging networks".

ICANN, raíz única. Disponible en: <http://www.icann.org/stockholm/unique-root-draft.htm> (Consultado: 5-09-05)

Niveles ENUM. Disponible en: <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-gallant.e164-tier-defs-00.txt> (Consultado: 12-10-05)

RFC 1034 – Domain Names –concepts and facilities. Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1034.txt> (Consultado: 16-06-05)

RFC 1591 – Domain Name System Structure and Delegation. Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rec1591.txt> (Consultado: 16-06-05)

RFC 2396 – Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax. Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2396.txt> (Consultado: 16-06-05)

RFC 2915 – The Naming Authority Pointer (NAPTR) DNS Resource Record. Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2915.txt> (Consultado: 16-06-05)

RFC 2916 – E.164 Number and DNS. Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2916.txt> (Consultado: 16-06-05)

RFC 2826 – IAB On Need For Unique Root. Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2826.txt> (Consultado: 16-06-05)
UIT-T Recomendación E.168 (05/2002): Aplicación del plan de numeración de la Recomendación E.164 para las telecomunicaciones personales universales.

UIT-T Recomendación E.164 (02/05): The International Public Telecommunication Numbering Plan.

UIT-T Recomendación H.323 (11/00): Packet Based Multimedia Communication System.

UNITEC, SIP VoIP Network Protocol. Disponible en: <http://www.voip-voice-over-ip.com/technology/?gaw=0787136533> (Consultado: 22-09-05)

Verisign Global Registry Services. Disponible en: <http://www.verisign-grs.com> (Consultado: 16-06-05)

3 COM, White Paper, Understanding IP Addressing. Disponible en: <http://www.cybertelecom.org/dns/lp.htm> (Consultado: 20-06-05)