



## Un modelo para control de dispositivos electrónicos a través de Internet y su aplicación en telemedicina

*Jorge Eduardo Ortiz Triviño, Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería de Sistemas, Jaime Leonardo Bobadilla, estudiante IX semestre Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia.  
email: jorgeo@ing.unal.edu.co*

### ABSTRACT

There is no doubt about the importance of Internet in our society and the development that it has reached to the present day where it has become an important element present in most of our actions. Advances of technological nature will make be able the arrival of several new applications from education to entertainment and the remote control of electronic devices such as televisions, robots, etc. This paper provides a model for the control of devices through Internet. In order to have a better understanding of the concepts, an introduction about Internet and its main components will be given. The problem will be introduced, followed by the solution proposed. Finally the foreseen applications in the short and long term will be described. Also the importance of the interchange of electronic documents and its practical applications in the medical information processing will be showed.

### RESUMEN

Es indudable la importancia de Internet en la sociedad y el desarrollo que ha conseguido hasta el día de hoy donde se ha convertido en un elemento omnipresente en las acciones de nuestra vida. Innovaciones de carácter tecnológico permitirán en un futuro cercano la aparición de aplicaciones avanzadas que van desde el entretenimiento hasta la telemedicina, pasando por la educación y por el control remoto de dispositivos electrónicos de naturaleza variada, tales como electrodomésticos, robots, entre otros. En este artículo se propone un modelo para un sistema de control de dispositivos a través de Internet. Para un mejor entendimiento de los conceptos se presenta una introducción a la red de redes Internet y a los principales mecanismos que permiten su funcionamiento en términos sencillos, luego se plantea el problema, mostrando a continuación la solución propuesta. Finalmente, se describen las aplicaciones que se visualizan tanto a corto, a mediano y a largo plazo

con un énfasis especial en telemedicina. En este sentido se hace mención al intercambio de documentos electrónicos, y se dan como ejemplo práctico sus usos en el tratamiento de información médica.

**Palabras claves:** *Telemedicina, Internet, Java, XML, modelo Cliente-Servidor.*

### Redes

El primer concepto por aclarar es el de redes. Existe mucha literatura y definiciones sobre este tópico sin embargo, para propósitos de unicidad de conceptos se adopta la siguiente definición.

Una red es básicamente una colección de computadores y otros dispositivos que pueden enviar y recibir datos entre ellos, más o menos en tiempo real. Una red se conecta normalmente por alambres, y los bits son convertidos a ondas electromagnéticas que viajan a través de los alambres. Sin embargo, también existen redes inalámbricas que transmiten datos a través de luz infrarroja o microondas y cables de fibra óptica que envían luz visible a través de filamentos de vidrio.

Dentro de la definición anterior se puede resaltar dos aspectos: el primero, la existencia dentro de la definición de la posibilidad de conexión de dispositivos a una red sin que estos tengan que ser necesariamente computadores, el segundo, la posibilidad de transmitir información por medios no alambrados; estos dos puntos son fundamentales en el momento de describir las posibles aplicaciones, tanto actuales como futuras.

### IP e Internet

Dada ya la definición de red, el siguiente paso está en comprender

Recibido el 15/08/2002.

Enviado a pares Académicos el 20/08/2002.

Aceptado para publicación el 3/12/2002

el concepto de Internet, que se puede entender como un grupo amorfo de computadores en diversos países de todos los continentes, que se comunican unos con otros a través del protocolo IP (Internet Protocol). Cada computador en Internet tiene una única dirección IP mediante la cual puede ser identificado. Internet no le pertenece a nadie ni está gobernado por nadie. Simplemente es una gran colección de computadores que han acordado comunicarse de una forma estándar.

Cada máquina en una red se denomina nodo. Los nodos, que son computadores completamente funcionales, se denominan hosts. Cada nodo de red tiene una dirección, es decir, una serie de bits que lo identifica de manera única.

Cada computador en una red IP está identificado con un único número de 4 bytes (un byte es una unidad de información compuesta por 8 bits o unos y ceros). Este se escribe normalmente en un formato como 168.176.15.11, donde cada uno de los cuatro números es un byte sin signo que puede tomar un valor en el intervalo de 0 a 255.

El procedimiento, de transmisión de datos visto de manera global, entre dos entidades es el siguiente: Cuando los datos se transmiten en paquetes a través de la red, el encabezado de cada paquete incluye la dirección de la máquina a la cual está dirigido y la dirección de la máquina que lo envió. Los routers a lo largo del camino escogen la mejor ruta para enviar el paquete inspeccionando la dirección de destino. La dirección de la fuente se incluye de manera que el receptor sepa a quién debe responder.

Para que los seres humanos no tengan que recordar estos números, se desarrolló el DNS (Domain Name System) para traducirlos a nombres de hosts que los humanos pudieran recordar. Es decir no es necesario memorizar 168.176.15.11 sino `dis.unal.edu.co`

## IPv6

Es claro que si se quiere conectar dos dispositivos y permitir que intercambien información, es necesario que ambos cuenten con una dirección IP. El protocolo IP actual soporta 2.554, es decir 4.228.250.625 aunque a simple vista esta cantidad pareciera suficiente, la mayoría de direcciones ya está asignada. Se piensa en la posibilidad de conectar varios dispositivos, es casi seguro que las direcciones actuales no serán suficientes para suplir la demanda

IPv6 es una nueva versión de IP que está diseñada para ser un paso evolutivo desde IPv4. Fue diseñado para correr bien en redes de alto desempeño y al mismo tiempo ser eficiente en redes de bajo ancho de banda. Además proporciona una plataforma para nuevas

funcionalidades de Internet que se requerirán en un futuro cercano. Lo más interesante de esta versión es la manera distinta de direccionamiento, que se caracteriza por su extensión: 128 bits (16 octetos). Esta modificación de extensión representa mucho más de lo que puede parecer a primera vista; es decir, no es solo que sea cuatro veces más grande.

Cabe recordar que la capacidad que esto representa es el número dos elevado a la potencia de la cantidad de bits. Entonces, el nuevo esquema de direccionamiento permite, en principio, acceder a casi 80000 cuatrillones de veces de las que hoy se pueden acceder.

Con semejantes magnitudes, se podría augurar que probablemente IPv6 tendrá una supervivencia de varias décadas. En todo caso, las limitaciones provendrán de las otras necesidades que puedan ir surgiendo, pero casi con seguridad que no originadas con el direccionamiento en sí. Por otra parte, la estructura es tal que tanto en una organización que ya está en Internet como en una que no lo ha estado aún, la conexión se puede hacer prácticamente transparente, sin tener que recurrir a hacer cambios en la numeración interna.

Las otras características que distinguen al IPv6 tienen que ver especialmente con la calidad y seguridad de los servicios, por ejemplo, a encriptación, autenticación, manejo de tráfico en tiempo real, sensibilidad a los retardos por medio de un método de prioridades, mejoras en el proceso de enrutado, apoyo de equipos móviles y configuración automática. Otro dato importante es que se ha ampliado la longitud máxima de los paquetes, mucho más allá del límite de 64 K octetos del IPv4. El hecho de que se puedan enviar paquetes más grandes tendrá una incidencia en la calidad y en la cantidad de información que se transporta a través de la red.

## Modelo Cliente-Servidor

La mayoría de programas modernos de red están basados en un modelo cliente - servidor. Una aplicación cliente servidor generalmente almacena grandes cantidades de datos en un servidor costoso pero de alto rendimiento, mientras que la lógica de los programas y la interfaz de usuario son manejadas por software del cliente, que corre en computadores personales relativamente baratos. En algunos casos, un servidor envía datos, mientras que un cliente los recibe, pero es raro para un programa enviar o recibir datos exclusivamente. Una distinción más formal es que el cliente inicia una conversación, mientras que un servidor espera que los clientes comiencen las conversaciones con él. El siguiente gráfico muestra ambas posibilidades (en algunos casos el mismo programa puede ser un cliente y un servidor).

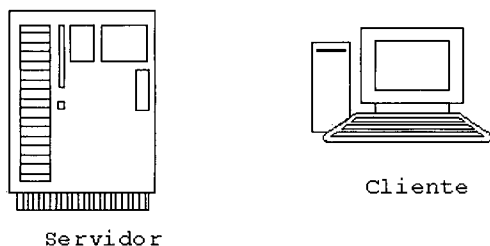


Figura 1. Sistema Cliente-Servidor.

Algunos servidores procesan y analizan los datos antes de enviar los resultados al cliente. Dichos servidores son frecuentemente llamados servidores de aplicaciones para distinguirlos de los servidores de archivos más comunes y los servidores de las bases de datos. Un servidor de archivo o de una base de datos devuelve la información enviándola al cliente, pero no la procesa.

El sistema cliente - servidor más popular en Internet es la Web. Los servidores Web responden a las peticiones de los clientes Web. Los datos se almacenan en el servidor Web y son enviados a los clientes que los solicitan. Aparte de la solicitud inicial de la página, casi todos los datos se transfieren del servidor al cliente y no del cliente al servidor.

No todas las aplicaciones se ajustan fácilmente al modelo cliente - servidor. Por ejemplo, en los juegos de red parece que ambos jugadores envían datos por igual de un lado para otro. Esta clase de conexiones se llama punto a punto. El sistema de teléfono es un ejemplo clásico de una red de este estilo, ya que cada teléfono puede llamar a, o recibir una llamada de otro teléfono.

En la tabla 1. Se mencionan los protocolos cliente-servidor más comúnmente usados en Internet.

Protocolo	Propósito
<b>FTP</b>	Este protocolo se utiliza para la transferencia de archivos
<b>Telnet</b>	Telnet es un protocolo usado para sesiones de líneas de comandos remotas e interactivas.
<b>SMTP SMTP</b>	es utilizado para enviar correos electrónicos entre máquinas.
<b>HTTP</b>	Es el protocolo base de la World Wide Web.
<b>POP3</b>	Es un protocolo para la transferencia de correos electrónicos acumulados desde el host a clientes que se conectan esporádicamente.

Tabla 1.

### Intercambio de documentos electrónicos

HTML (HyperText Markup Language) es el formato principal usado para documentos Web, es el formato en el que se visualizan las páginas. HTML describe como están presentados los documentos; es decir, que color y que tamaño de letra utilizan, HTML es un subconjunto de SGML. SGML fue inventado a mediados de los 70s por Charles Goldfarb. Ahora es un estándar de ISO (International Standards Organization), específicamente ISO 1879:1986.

Han existido varias versiones de HTML a través de los años. El estándar actual es HTML 4.0, soportado por la mayoría de web browsers (navegadores de Internet) actuales con algunas excepciones. HTML 4.0 puede ser el fin de la línea, aparte de algunos pequeños ajustes. El W3C ha decretado que HTML está volviéndose demasiado voluminoso para soportar más características. En vez de crear otra versión de HTML, los nuevos desarrollos se centrarán en XML, un lenguaje semántico que describe el contenido, y que permite definir contenidos personalizados en la información que se quiere intercambiar.

Para observar la flexibilidad de XML un solo ejemplo ilustra la forma de definir un documento que contenga información sobre un libro en una biblioteca:

```
<LIBRO EnUso="si">
  <TITULO>La fauna Marina</TITULO>
  <AUTOR>Nathaniel Hawthorne</AUTOR>
<PAGINAS>473</PAGINAS>
</LIBRO>
```

XML es un subconjunto de SGML. Su objetivo consiste en posibilitar que el SGML genérico se pueda suministrar, recibir y procesar en la Web, de la misma manera que hoy es posible con HTML, XML ha sido diseñado para que su implementación sea sencilla y permita operar conjuntamente tanto con SGML como con HTML.

Aunque no es el tema central del artículo, es conveniente mostrar la importancia del intercambio de documentos electrónicos en servicios de salud, es así como existen alianzas ente hospitales, centros de salud, proveedores, entidades gubernamentales, etc., que tienen vínculos muy estrechos y que deben intercambiar continuamente información de pacientes. Sin embargo, esta información tiene forma de registros médicos, muchas veces sobre papel, la cual no es fácilmente procesada por los computadores, Dichos documentos, ya sea en papel o computador, deben estar en una forma en la cual los humanos puedan leer y analizar, y una en la cual las máquinas puedan procesar adecuadamente. Actualmente no hay un conjunto estándar de tipos de documentos para la industria de la salud, muy posiblemente la solución podría ser planteada por medio del intercambio de documentos electrónicos con XML.

### Control remoto de dispositivos

En muchas oportunidades, no solamente queremos comunicarnos con personas en otros lugares, ni intercambiar documentos, sino también poder controlar dispositivos a distancia, las posibilidades son múltiples y los escenarios variados, se hará énfasis en este artículo en el control de electrodomésticos, pero este concepto puede ser extendido con algunas modificaciones a otros dispositivos como se mencionará posteriormente.

En este problema existen tres diferentes modelos de comunicación:

- Computador dispositivo*
- Dispositivo- dispositivo*
- Dispositivo-computador*

Se concentrará el desarrollo de la comunicación entre el computador y el dispositivo, se considera sin embargo que los otros dos casos son extensiones del modelo a tratar.

Dentro de los requisitos de un sistema que permita el control de dispositivos electrónicos, es necesario tener en cuenta los siguientes elementos:

1. **Independencia de la plataforma:** Este es uno de los puntos fundamentales, ya que por un lado los computadores que se van a comunicar, pueden tener diferentes Sistemas Operativos, como Windows, Linux, etc; por tanto el sistema debe ser independiente de las características del dispositivo que se quiera controlar.
2. **Independencia del dispositivo:** Se desea poder controlar eventualmente muchos dispositivos, sin importar su marca y características y también que la funcionalidad del dispositivo sea accesible sin importar los detalles internos de ejecución.
3. **Generación de interfaces en tiempo dinámico:** Es claro que los dispositivos, sin importar su naturaleza, tienen diferentes funcionalidades; es preciso, por tanto, poder generar un método que permita el intercambio de información previa generación de un control remoto que permita acceder a la funcionalidad del dispositivo a controlar.
4. **Compatibilidad con los estándares de comunicación e intercambio de información:** El sistema debe poder correr sobre redes públicas (Internet) y usar los protocolos de transporte y direccionamiento de ésta, así como debe usar un método extensible de intercambio de información (XML).
5. **Escalabilidad y extensibilidad:** Las necesidades en información cambian constantemente, nuevos dispositivos con diferentes propósitos pueden ser diseñados y fabricados en el futuro. El sistema debería ser capaz de reconocerlo y tener la posibilidad de controlarlo, sin tener que cambiar radicalmente las características del producto.

### Estructura del sistema

Una solución al problema planteado se dará a continuación: Con dos entidades que se quieren comunicar, un computador y un televisor que se quiere controlar a distancia, el dispositivo tiene una dirección IP, como se mencionó antes y un archivo descriptor el cual tiene la funcionalidad y características del electrodoméstico. Se pide este archivo y se genera una interfaz en tiempo dinámico. Una vez generado este control remoto, la conexión queda lista y se pueden enviar órdenes al dispositivo. A continuación se describirá más detalladamente el proceso (figura 2).

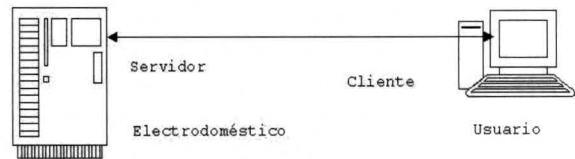


Figura 2. Sistema propuesto.

El sistema está compuesto por dos módulos: El servidor (dispositivo), y el cliente, los cuales se describirán a continuación.

#### Servidor (dispositivo)

Consiste en el *dispositivo* que se quiere manejar a través de Internet. Puede ser cualquier *dispositivo*, por ejemplo, un televisor, un VHS, un horno microondas, etc. También puede ser una aplicación (como se muestra en este sistema). Lo necesario es que contenga una máquina en principio que pueda correr e interpretar las instrucciones XML que son enviadas, tiene el sistema de control de *dispositivos* a través de Internet, lo cual es viable ya que se podría tener un intermediario entre la aplicación y el *dispositivo* o aprovechar el hecho de que muchos electrodomésticos en la actualidad poseen capacidad de cómputo.

El servidor está en todo momento activo, y está esperando recibir señales del lado cliente. El servidor recibe las señales en un archivo XML, que contiene la acción que debe efectuar. Se recibe este archivo a través de transmisión por Internet. Para mostrar el funcionamiento del servidor, se describirá en este documento el uso de un dispositivo Televisor, simulado por medio de una aplicación, que luce así:



Figura 3. Televisor (simulado) a controlar.

Este simulador de electrodoméstico fue realizado para demostrar la validez del modelo. Tiene un panel que permite al usuario efectuar diferentes acciones como en este caso, Prender, apagar, subir de canal, bajar de canal o seleccionar un canal determinado.

Para el intercambio de datos se tienen en cuenta ciertas abstracciones. El dispositivo en cuestión tiene asociado un archivo XML, que es el archivo que describe las características y las señales (mensajes) que tiene el dispositivo. Para lograr esto, tanto el cliente como el servidor poseen un documento de definición de datos (DTD) con el significado de cada una de las etiquetas XML que se utilizan en el sistema.

En ese archivo de definición de datos se incluyen cuatro tipos de señales, las cuales serán enviadas al dispositivo, se ven cuatro tipos de señales posibles para los diferentes dispositivos: Básico (basic), Reducción (less), Aumento (more) y Numérico (numeric).

Se hace una abstracción de la funcionalidad de los dispositivos, la cual puede ser fácilmente extendida no solo en un nivel discreto, sino también a nivel continuo en caso de ser requerido en el futuro.

En primer lugar, se tiene el control básico, que consiste en una acción sobre el dispositivo, el cual tiene dos estados. Un ejemplo de esto puede ser Encendido/Apagado en un televisor. También se tienen los controles Reducción y Aumento, los cuales son, como su nombre lo indica, para bajar o subir el valor de determinado parámetro en el dispositivo. Ejemplos de esto, son subir y bajar el volumen en un equipo de sonido.

Por último, se tiene el control numérico, que implica una señal que tiene diferentes valores, que no necesariamente son accedidos de manera secuencial. Por ejemplo, el conjunto de acciones reproducción, devolver, avance en un VHS.

Así, para el televisor mostrado, su archivo XML asociado es:

**Tabla 2.** Archivo XML que especifica el control remoto del televisor (Léase por columnas)

<pre> &lt;?xml version='1.0' encoding='utf-8'?&gt; &lt;!DOCTYPE device SYSTEM "devices.dtd"&gt; &lt;device&gt;   &lt;desc&gt; &lt;item nombre="marca"&gt;                 Sony   &lt;/item&gt;   &lt;item nombre="ref"&gt;                 A40   &lt;/item&gt;   &lt;item nombre="pais"&gt;                 Japon   &lt;/item&gt;   &lt;/desc&gt;   &lt;signal&gt;     &lt;basic name="Power"&gt;       &lt;state1&gt;         On       &lt;/state1&gt;       &lt;state2&gt;         Off       &lt;/state2&gt;     &lt;/basic&gt;     &lt;basic name="Mute"&gt;       &lt;state1&gt;         MuteOn       &lt;/state1&gt;       &lt;state2&gt;         MuteOff       &lt;/state2&gt;     &lt;/basic&gt;     &lt;less&gt;       Bajar     &lt;/less&gt;   &lt;/signal&gt; &lt;/device&gt; </pre>	<pre> &lt;more&gt;   Subir &lt;/more&gt; &lt;numeric name = "CANAL"&gt;   &lt;values&gt;     1   &lt;/values&gt;   &lt;values&gt;     2   &lt;/values&gt;   &lt;values&gt;     3   &lt;/values&gt;   &lt;values&gt;     4   &lt;/values&gt;   &lt;values&gt;     5   &lt;/values&gt;   &lt;values&gt;     6   &lt;/values&gt;   &lt;values&gt;     7   &lt;/values&gt;   &lt;values&gt;     8   &lt;/values&gt;   &lt;values&gt;     9   &lt;/values&gt;   &lt;values&gt;     10   &lt;/values&gt; &lt;/numeric&gt; &lt;/signal&gt; &lt;/device&gt; </pre>
---	--

Este archivo es enviado al cliente, a través de Internet, y contiene tanto la descripción como la funcionalidad básica del dispositivo.

### Cliente

El cliente, es el aplicativo que quiere manejar el dispositivo a través de Internet. El cliente es una aplicación Java (Lenguaje de programación multiplataforma), que tomando como base el archivo XML enviado por el dispositivo, genera una interfaz adecuada que simula el dispositivo en la máquina local del cliente.

Inicialmente, el cliente buscará los dispositivos que están disponibles y en qué puertos; luego, de acuerdo a lo elegido por el usuario, seleccionará el archivo XML que le ha sido enviado, dependiendo del dispositivo. El cliente interpreta dicho archivo y genera una interfaz, de acuerdo al archivo. Dicha interfaz tendrá todos los controles del dispositivo, y si el usuario ejecuta determinada acción, el cliente enviará esa orden al servidor, en otro archivo XML, denominado signal.xml, que contendrá la acción que debe realizar el servidor. Para explicar el uso del cliente, se mostrará el ejemplo del televisor referenciado en la sección anterior.

Cuando el cliente, lee el archivo XML del televisor genera la siguiente interfaz:

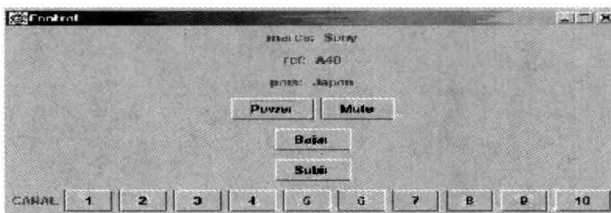


Figura 4. Control remoto generado para el Televisor (simulado)

En caso de darse una orden en esta interfaz, se enviará el archivo XML, el servidor lo lee y se ejecutará la señal enviada. De otro lado, para el caso de un horno, la interfaz generada con base en el archivo de descripción del electrodoméstico es la siguiente:

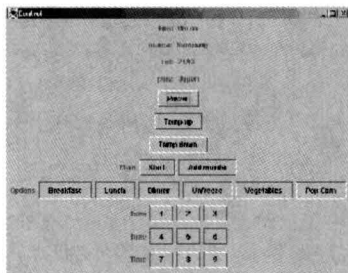


Figura 4. Control remoto generado para un horno Microondas

### Aplicaciones

Las aplicaciones del modelo son amplias y variadas, en este caso es posible clasificarlas en inmediatas, a corto plazo y a largo plazo. Dentro de las inmediatas, está el control de electrodomésticos, una vez ya probado el simulador el siguiente paso es poder manejar los dispositivos del hogar por ejemplo el televisor, la nevera, las luces, el equipo de sonido, entre otros.

En las aplicaciones a mediano plazo, tenemos una comunicación desde el dispositivo a controlar hacia un computador, es así

como un refrigerador podría indicar cuándo está vacío a un

sitio de Internet de algún proveedor para indicarle qué cantidad y qué producto necesita. Por otro lado, según el desarrollo, tenemos doble comunicación entre las dos entidades; es decir, ambos se pueden comunicar en los dos sentidos; por ese motivo, es posible tener una realimentación de lo que está sucediendo con el estado de los electrodomésticos en un determinado tiempo.

Se pueden encontrar también a largo plazo, aplicaciones como telemedicina, donde se podrían controlar dispositivos de adquisición de imágenes y cirugía, entre otros. También máquinas electrónicas más sofisticadas que incluyan Inteligencia Artificial.

### Desarrollos futuros

Para las próximas versiones del sistema, se tienen que mejorar los siguientes aspectos:

1. **Seguridad y Controles:** Es evidente que solamente usuarios autorizados, deberían tener acceso al control de su electrodoméstico, deben revisar por tanto condiciones de seguridad y autenticación.
2. El siguiente paso es, lógicamente, **realizar una prueba con un electrodoméstico real**, en esta ocasión no a nivel lógico sino físico y poder determinar el desempeño del sistema con este componente, de una manera más tangible.
3. **Explorar las alternativas de comunicación de dispositivo a dispositivo** y de dispositivo a computador, lo cual abriría una mayor posibilidad de aplicaciones.

### Conclusiones

1. La tecnología actual permite fáciles implementaciones de manejo de dispositivos a través de Internet y las perspectivas parecen ser mejores en un futuro no muy lejano.
2. La pareja de herramientas Java y XML permiten el real de sarrollo de aplicaciones independientes de la plataforma.
3. El intercambio de documentos electrónicos, es de vital importancia en la actualidad y podría servir para la solución de problemas de información en medicina.

### REFERENCIAS

1. <http://java.sun.com/docs/white>
2. <http://www.w3c.org>
3. <http://wildesweb.com/glossary/IP>
4. <http://xml.coverpages.org/>
5. **William Stallings.** Comunicaciones y Redes de Computadores, 6ª edición, Prentice-Hall Internacional, 2000.
6. **Andrew S. Tanenbaum,** Redes de Computadores, 3ª edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, 1997
7. **Leon W Couch II.** Analog and Digital Communication Systems, PrenticeHall, 2001.