

Capítulo II

Conceptos básicos de Telefonía

2.1 Introducción

La telefonía tradicional está cambiando y siendo remplazada gradualmente por la tecnología VoIP. Es importante conocer conceptos básicos de la telefonía tradicional, ya que muchas de las nuevas tecnologías, como VoIP, están basadas o utilizan de ella.

En este capítulo se abordan algunos principios básicos de la PSTN, relevantes para la plena comprensión del funcionamiento de una red con tecnología VoIP; así como también se dará una breve introducción a la telefonía VoIP y a los conceptos principales de dicha tecnología. Para un estudio más detallado de la PSTN ver referencias [1] y [4].

2.2 PSTN

La Red Telefónica Pública Conmutada, mejor conocida por sus siglas en inglés PSTN (Public Switching Telephone Network), es una red global de conmutación de circuitos tradicional, diseñada principalmente para la transmisión de voz en tiempo real; la cual en un principio

estaba basada únicamente en sistemas analógicos, POTS (Servicio de Telefonía Ordinario Antiguo). Actualmente, está compuesta, en su mayoría, por una serie de sistemas digitales de conmutación interconectados.

Su funcionamiento se basa en enlazar dos equipos terminales mediante un circuito físico, es decir, se cierra un conmutador al establecerse una llamada y este se abre al terminar la misma; PSTN dedica un circuito a la llamada, hasta que esta finalice, esto sin importar que los usuarios (transmisor y receptor) estén hablando o en silencio.

2.2.1 Principios de PSTN

Como ya se había comentado, la PSTN en su origen, estaba basada en un sistema puramente analógico, el cuál fue transformándose en un sistema en su mayoría digital. El problema que hay con las señales analógicas, es que al ser puramente eléctricas con la distancia se van degradando, para reducir este problema se utilizan amplificadores, los cuáles no sólo amplifican la señal de la voz, sino también amplifican el ruido, imposibilitando en algunos casos la comunicación. En redes digitales, en lugar de utilizar amplificadores, se utilizan repetidores, los cuales no sólo amplifican la señal transmitida, también la limpian. Esto es posible, ya que la señal digital está basada en 1's y 0's, permitiendo decidir que bits se pueden transmitir y cuáles no.

La infraestructura básica de la PSTN es la siguiente, empieza con el bucle local (local loop), también conocido como línea de abonado o línea telefónica, es un circuito de acceso dedicado de 5 [km], que consta de un par cables de cobre los cuales conectan el teléfono de un usuario con la central telefónica más cercana (Central Office Switch), en donde se encuentran los conmutadores telefónicos. Las centrales telefónicas (CO) están conectadas por medio de troncales, los cuales son circuitos conmutados. Aunque hoy en día la conmutación y la transmisión de datos es digital, la última milla o línea de abonado sigue siendo analógica.

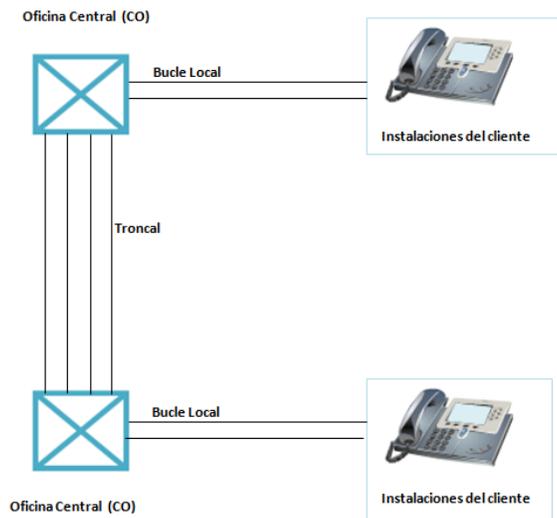


Figura 2.1 Diagrama básico de la PSTN

Existen diferentes tipos de interfaces analógicas, las cuales conectan el bucle local con la Central Office, algunos de ellos se describirán brevemente a continuación.

FXS (Foreign Exchange Station Interface)

La interfaz de abonado externo se conecta directamente a una terminal analógica, como un teléfono analógico o un fax, por medio de un puerto RJ-11. Esta interface proporciona voltaje y señalización a la terminal analógica.

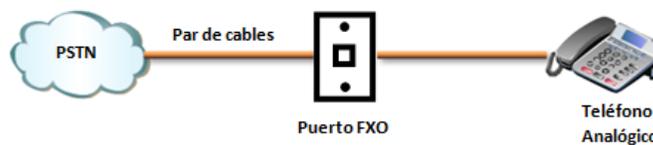


Figura 2.2 Interface FXS

FXO (Foreign Exchange Office Interface)

La interfaz de central externa, no proporciona ningún tipo de señalización, se conecta directamente a la PSTN.

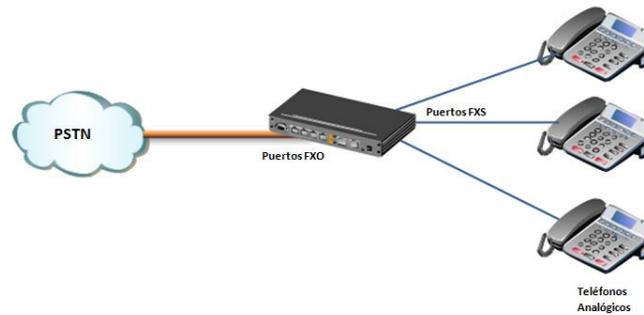


Figura 2.3 Interface FXO

El puerto FXO comúnmente es utilizado para conectar una red IP a las líneas analógicas de la PSTN o a extensiones analógicas de un conmutador PBX.

Un PBX es conectado a la PSTN por medio de un puerto FXO y mediante puertos FXS comunica varios teléfonos analógicos con la PSTN, a través de una o más líneas telefónicas analógicas; lo que reduce costos, ya que en lugar de contratar una línea telefónica por terminal analógica, se puede arrendar sólo una para comunicar varias terminales analógicas con la PSTN.

Ahora bien, después de haber hablado de la señal analógica, se abordará el tema del proceso de digitalización de la misma, ya que el resto de la transmisión de la señal telefónica es digital. Se necesitan de cuatro pasos para transformar la señal analógica (voz) en una señal digital comprimida:

1. Muestreo.
 2. Cuantificación.
 3. Codificación.
 4. Compresión.
- Muestreo: Consiste en tomar muestras de la señal analógica n veces por segundo, es decir, convertir una señal analógica continua a una señal discreta en el tiempo. Según el teorema de Nyquist, es suficiente con tomar muestras de la señal de voz al doble de la frecuencia más alta de la misma, para que la señal muestreada contenga la misma información que la señal original.

Debido a que la frecuencia más alta en una señal de voz humana, es aproximadamente 3 400 Hz, la frecuencia de muestreo utilizada en un canal de voz es de 8000 Hz, esto significa que se toma una muestra cada 125 μ s.



Figura 2.4 Señal muestreada

- **Cuantificación:** En esta etapa se le asigna un valor cuántico a cada muestra de acuerdo a la amplitud de la señal.

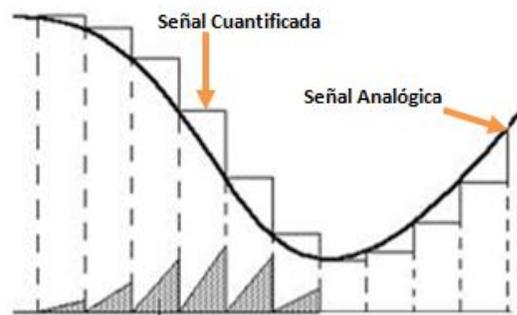


Figura 2.5 Cuantificación de la señal

- **Codificación:** A cada valor cuantificado que representa a la señal analógica se le asigna un código binario. Se necesita de un ancho de banda de 64 kbps para transportar una señal de voz, debido a que cada muestra es convertida en un código de 8 bits, por lo que:

$$8\ 000 \text{ muestras} \times 8 \text{ bits} = 64\ 000 \text{ bits}$$

La codificación permite optimizar el canal de comunicación, debido a que envía la mayor cantidad de información por un solo canal de voz con la mínima pérdida de calidad.

Existen diferentes técnicas para codificar señales cuantificadas; un códec es el algoritmo que se encarga de codificar y decodificar dicha señal. Las dos técnicas más comunes utilizadas en la conversión binaria PCM (ver referencias [3] y [10]) son:

- μ -law, utilizada en Estados Unidos, Canadá y Japón.
- a-law.

Después del proceso de codificación, la señal digital puede ser transmitida o comprimida antes de su transmisión.

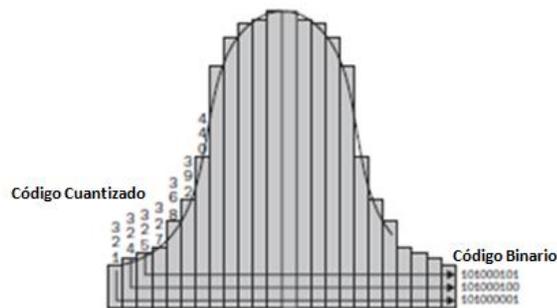


Figura 2.6 Codificación de la señal [3]

- **Compresión:** Es utilizada en las nuevas tecnologías de voz, es el proceso en el cual se transfiriere o almacena información reduciendo la cantidad de bits, esto tiene como ventaja la reducción del tiempo de transmisión de la voz. Entre mayor comprimida esté la señal de voz, se pierde más la fidelidad de la voz en el receptor.

2.2.2 Servicios de PSTN

La PSTN ofrece una gran cantidad de servicios, no todos son compatibles con las redes VoIP, aún así se están desarrollando nuevas tecnologías para poder adaptar estos servicios a las redes de paquetes de voz. Algunos de estos servicios son:

- Plain Old Telephone Service (POTS)
- VPNs, CENTREX, call-center services
- Servicios SP¹

¹ Service Provider (Proveedores de Servicios)

POTS

También es conocido como el Servicio de Telefonía Estándar, algunos de los servicios que provee se mencionan brevemente a continuación:

- **Servicios Especializados de Llamada:** Este tipo de servicios pueden ser activados de forma individual, aunque generalmente los SPs los ofrecen en paquetes. Hacen que el servicio telefónico sea más fácil de utilizar e incrementan la eficiencia del mismo. Son controlados y habilitados directamente por los switches de las CO, no se requiere del SS7² para operarlos. Algunos de ellos se describen en seguida.
 1. **Desvío de llamadas:** Permite a un cliente desviar llamadas que son dirigidas a un número telefónico y así poder recibirlas en otro número distinto.
 2. **Llamada en espera:** Le indican al cliente, mediante un tono audible, que tiene una llamada de entrada, mientras mantiene una conversación telefónica, permitiendo poner en espera cualquiera de ellas.
 3. **Tres a la vez:** Permite establecer una conferencia entre tres usuarios.
 4. **Marcación rápida:** Provee una forma rápida de marcar a los números llamados con mayor frecuencia, mediante la asignación de un código.
 5. **Número añadido:** Los usuarios pueden contratar una segunda línea telefónica, la cual se identifica con tonos de llamada y de llamada en espera diferentes a los de la primera línea.
- **Servicios de Señalización Especializada de Área Local (CLASS):** Esta clase de funciones permiten al suscriptor controlar las llamadas entrantes y salientes. Para poder ser habilitados se hace uso del software del switch del set telefónico del usuario. Algunos de los servicios CLASS son los siguientes:
 1. **Protección de identidad:** Permite ocultar su número telefónico cuando se llama a un usuario que cuenta con funciones CLASS.
 2. **Remarcado automático:** Permite regresar una llamada perdida.
 3. **Regreso de llamada automático:** Es utilizado cuando la línea a la cual se quiere llamar está ocupada, se avisa mediante un tono distinto cuando la línea ya está libre y realiza la llamada automáticamente.
 4. **Customer-originated trace:** Permite al usuario enviar un código cuando se recibe una llamada de extorsión el cual notifica a las autoridades de este hecho.

² Señalización Número Siete

5. Call-screening: Da el usuario el poder de aceptar, rechazar o poner en espera llamadas, basado en una lista de llamadas recibidas anteriormente.
- Voice mail: No requiere de ningún dispositivo adicional, como una contestadora, además de que el servicio sigue habilitado aún cuando la línea está ocupada. Los servicios de mensajería de voz más utilizados en hogares y empresas pequeñas son:
 1. Mensajería de voz: Permite grabar y reproducir mensajes, así como también recibir y revisar mensajes de otros usuarios.
 2. FAX: Permite al usuario recibir y visualizar faxes.

Redes Virtuales Privadas de Voz (VPN de voz)

Este tipo de redes interconectan dos redes físicas a través de la PSTN, al igual que los enlaces dedicados, pero con la ventaja de ser mucho más baratos, ya que es más fácil añadir nuevos enlaces virtuales en lugar de instalar enlaces físicos dedicados, es cierto que un enlace dedicado ofrece mayor calidad de servicio, pero su costo es alto para el cliente. Las VPNs son identificadas por medio de un id, el cual es transmitido a través de la PSTN por el SS7, por medio de este id se pueden enrutar e identificar las llamadas públicas de las llamadas de una red privada interna.

Centrex³ Services

Este tipo de servicios son utilizados para ofrecer servicios de voz y de datos en redes pequeñas a un bajo costo. Un Centrex es como una centralita virtual creada por un SP sobre una central digital pública. No requiere de equipos de conmutación en las instalaciones del cliente, ya que se prolongan hasta él las extensiones de la central pública, esto tiene como desventaja el ser necesario tantos pares de cables como terminales telefónicas se utilicen. Se puede acceder a los servicios Centrex a través de líneas POTS, circuitos ISDN o circuitos conmutados, o por medio de ondas de radio, a través de terminales inalámbricos.

Centrex ofrece los mismos servicios y facilidades que un PBX, pero sin ser necesaria una gran inversión en equipo ni en mantenimiento, plan de numeración privado, seguridad,

³ Central Office Exchange Service

administración de llamadas (llamada en espera, voice mail, etc), entre otros son algunos de ellos.

Servicios de Call Center.

Un Call Center es un servicio telefónico que tiene una gran cantidad de llamadas entrantes, las cuales necesitan ser enrutadas y distribuidas de una forma eficiente para ser atendidas por la persona adecuada. Son utilizadas por compañías, agencias gubernamentales, entre otros. Utilizan principalmente dos tipos de implementación:

- Llamada de Distribución Automática (ACD): Enruta de manera eficiente llamadas entrantes al siguiente agente disponible, si en ese momento no hay ninguno disponible pone en una cola de espera dicha llamada. Cuentan con un supervisor que controla el proceso de atención de las llamadas y genera reportes para mejorar el rendimiento de los agentes. Estos sistemas están ubicados en la CO, en donde los SPs brindan el servicio a través de líneas públicas como PRI, o en las instalaciones del cliente en donde se conectan a la PSTN mediante troncales.
- Interfaz de Aplicaciones Telefónicas Asistida por Ordenador (SCAI): Permite que los conmutadores del SP comunicarse con la computadora del Call Center que provee la información necesaria para el eficiente enrutamiento de las llamadas entrantes y salientes.

Servicios SP

Son servicios utilizados para dar soporte a los usuarios de la PSTN, algunos de ellos se describen brevemente a continuación:

- Servicios de Base de datos: Permiten a los SPs mantener, traducir y acceder a cierta información utilizada para brindar servicios y acceder a números especiales como los números 800 y los 900. Esta información es accesible para todas las oficinas terminales.
- Servicios de Operador: Estos han ido evolucionando conforme ha avanzado la tecnología. Algunos servicios ofrecidos son:
 1. Servicios de directorio telefónico: Se accede a él marcando los tres dígitos del código nacional o el código de área, una operadora busca en un directorio el

número y transfiere la llamada a una contestadora que le proporciona el número al cliente.

2. Servicios de Facturación: Como servicios de tarjetas de crédito.
3. Asistencia y tasación: Los operadores proporcionan información básica, como completar una llamada de larga distancia etc.

2.3 Señalización de voz sobre circuitos digitales

Debido a que la tecnología ha avanzado a pasos agigantados y las comunicaciones cada vez se han hecho más necesarias, el uso de líneas telefónicas analógicas aumentó, estas fueron remplazadas por tecnologías digitales de mayor velocidad creando redes más sofisticadas y funcionales a un menor costo.

En esta parte del capítulo se explicarán brevemente los métodos y estándares de señalización digital más importantes, así como algunos protocolos de acceso como ISDN y QSIG.

La señalización permite establecer, procesar, supervisar y finalizar la comunicación entre dos terminales. Existen dos tipos de señalización utilizados comúnmente, clasificados de la siguiente forma:

- **Canal asociado (CAS):** En la señalización por canal asociado, la información y la señalización se transmiten por el mismo canal. Puede operar en infraestructura analógica o digital, nos centraremos en la digital, ya que es la utilizada hoy en día y la que nos compete para una red VoIP.

Existen tres grupos de señales en este sistema de señalización:

- Señales de supervisión: Son conocidas como señalización de línea, indican el estado del enlace troncal, los estados del enlace pueden ser diferentes en cada terminal del mismo.
- Señales de dirección: Representan los dígitos marcados.
- Tonos y anuncios: Se refieren a los tonos de marcado, ocupado, etc.; y a algunos mensajes como los que indican que el número al que se llama está fuera de servicio.



Figura 2.7 Señalización por canal asociado

- **Canal común (CCS):** En la señalización por canal común, existe un canal dedicado exclusivamente para la señalización de todos los canales. Se le conoce como señalización fuera de banda. Los canales de voz o troncales, sólo son utilizados hasta que se establece una conexión. La primera generación de CCS es SS6 y la segunda es SS7, que se explicará más adelante, QSIG también es un ejemplo de este tipo de señalización.



Figura 2.8 Señalización por canal común

2.3.1 Enlaces Troncales Digitales

Un enlace troncal digital es una interfaz lógica o física que puede tener múltiples interfaces lógicas y es conectada a un solo destino, los enlaces digitales comúnmente utilizados son tres:

- E1: Este tipo de circuitos utiliza TDM (Multiplexación por División de Tiempo) para transmitir los paquetes, utiliza CAS o CCS. Son utilizados en Europa, Asia, Sudamérica y América Central.
- T1: Transmite los paquetes de voz utilizando TDM usando señalización CAS.

- ISDN: Es un sistema telefónico por circuitos conmutados y utiliza señalización por canal común. Cuenta con tres tipos de circuitos digitales, los cuales serán explicados posteriormente:
 - BRI
 - T1 PRI
 - E1 PRI

Para transmitir un paquete entre una red de paquetes conmutados y una de circuitos conmutados, ambas deben utilizar el mismo tipo de señalización.

2.3.1.1 T1

Este enlace está formado por 24 canales o time slots de 64 kbps utilizados para transportar tráfico de voz, cada uno de ellos puede transmitir 8 bits, estos canales son conocidos como DS-0. Cuenta con un bit más para sincronización de multitrama, lo cual da un total de 193 bits por cada enlace T1. Como ya se mencionó anteriormente, algunos bits de los canales de voz son tomados y utilizados para el control y la señalización del canal, a este tipo de señalización también se le conoce como robbed-bit signaling (RBS).

Puede utilizar dos tipos de formato de tramas:

- Súper Trama (SF⁴): Cada SF está formada por 12 tramas de 193 bits cada una. Toma un bit de las tramas 6 y 12 para señalización, estos bits son conocidos como A y B.

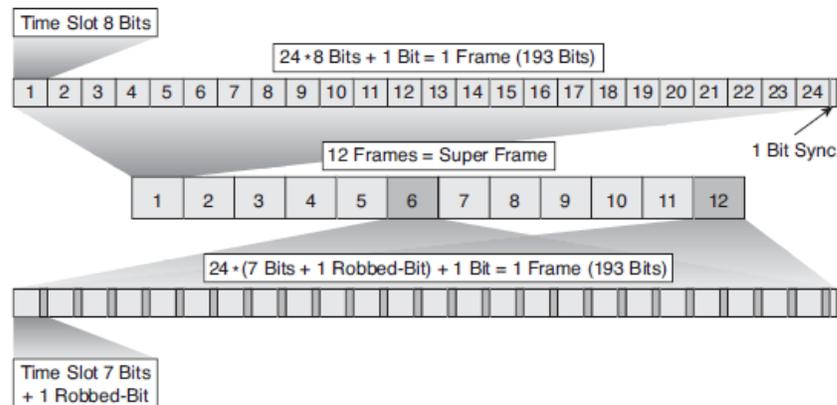


Figura 2.9 Súper Trama T1 [1]

⁴ Super Frame

- Súper Trama Extendida (ESF⁵): Cada ESF está formada por 24 tramas, por lo que consta de 4 bits para señalización, los cuales son tomados de las tramas 6, 12, 18 y 24, son conocidos como A, B, C y D. Estos bits extra pueden detectar errores utilizando verificación de redundancia cíclica (CRC). Es el formato de tramas más utilizado en los circuitos T1.

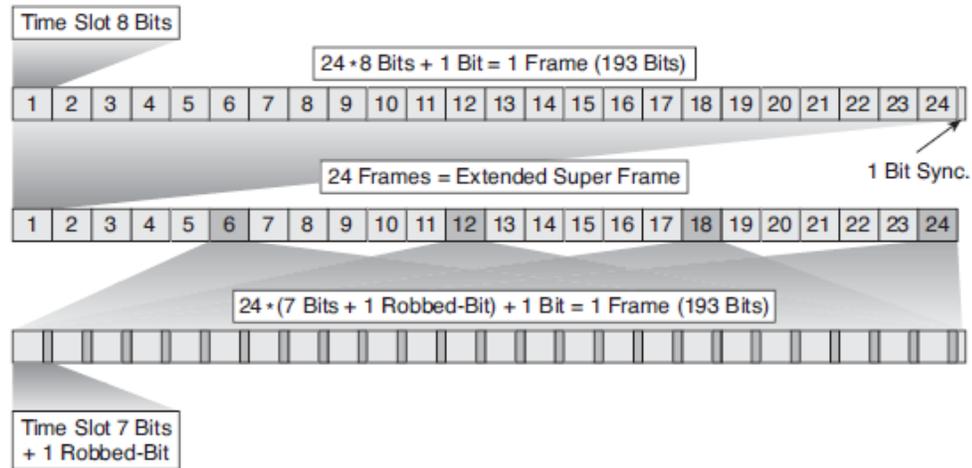


Figura 2.10 Súper Trama Extendida T1 [1]

Para un estudio más detallado revisar referencias [3] y [4].

2.3.1.2 E1

Los enlaces E1 están formados por 32 canales o time slots de 64 kbps, es decir cada enlace tiene un ancho de banda de 2.048 Mbps. Utiliza señalización fuera de banda, es decir utiliza 2 canales completos para control y señalización, el canal 1 es para sincronización de las tramas y el 17 para señalización.

⁵ Extended Super Frame

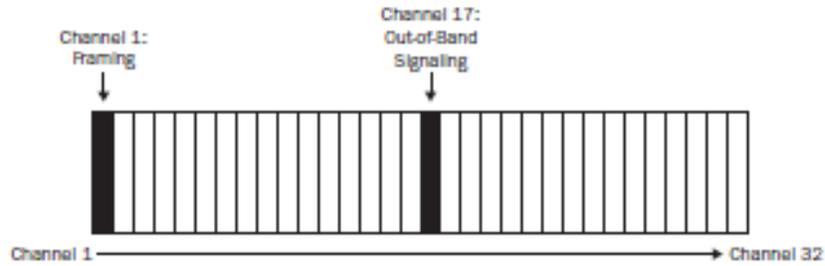


Figura 2.11. Trama E1 [3]

En caso de requerir más información revisar referencias [3] y [4].

2.3.1.3 ISDN

La Red Digital de Servicios Integrados (ISDN) es una red digital de extremo a extremo que tiene la capacidad de proporcionar diferentes servicios con una calidad mayor que la proporcionada en la red telefónica, está definida en una serie de recomendaciones publicados por la ITU-T [20]. Utiliza un canal diferente para señalización y otro para transportar la voz. Los canales que transportan la voz se conocen como bearer o canales B, transmiten a una velocidad de 64 kbps, los canales utilizados para señalización y control se conocen como data channels o canales D con capacidad de transmisión de 16 kbps, este tipo de canales pueden ser utilizados para transportar datos cuando no son usados para control. Al combinar canales B se obtienen canales H, son utilizados para transportar datos pero a mayor velocidad.

Canal	Velocidad	Funciones
B	64 kbps	<ul style="list-style-type: none"> • Transfiere información, ya sean datos o voz.
D	16/64 kbps	<ul style="list-style-type: none"> • Señalización y control. • Transmisión de datos a baja velocidad.
H₀	384 kbps	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión de datos a alta velocidad.
H₁₁	1544 kbps	
H₁₂	2048 kbps	

Tabla 2.1. Descripción de los canales utilizados en ISDN

Existen dos tipos de métodos de acceso para ISDN, los cuales son ofrecidos a los abonados.

- BRI
- PRI

BRI (Basic Rate Interface)

Está formado por dos canales full-dúplex B y un canal full-dúplex D. Es utilizado para proveer servicios en oficinas y casas. Es comúnmente utilizado en Europa

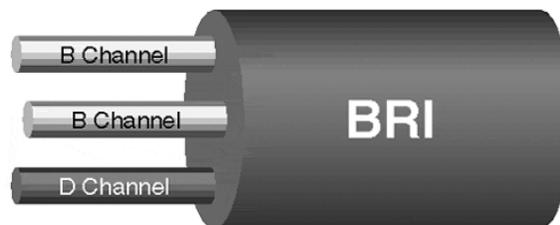


Figura 2.12 Canales que forman una interface BRI

PRI (Primary Rate Interface)

Es un estándar utilizado en la industria ya que soporta una gran cantidad de usuarios. En Norteamérica, Canadá y Japón un enlace PRI está formado por 23 canales B y uno D, esto corresponde a un enlace T1. Mientras que para el resto del mundo está formado por 30 canales B y un canal D. Como ya se había mencionado el canal D es utilizado para control y señalización, utiliza del protocolo Q.931 para estos fines.

La ventaja que tiene este enlace es que se pueden utilizar los canales B necesarios para transmisiones específicas, como audio, videoconferencias, etc.

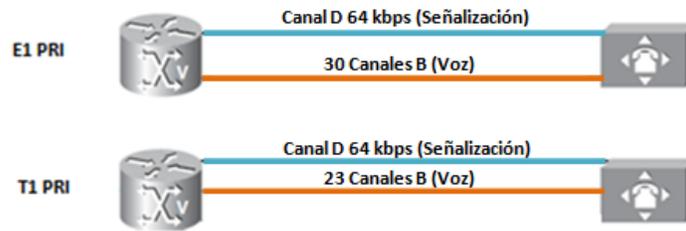


Figura 2.13 Tipos de circuitos PRI ISDN

Característica	T1 PRI	E1 PRI
Lugar en dónde se utiliza	Norteamérica, Japón	Europa, Australia
Velocidad de bits (bit rate)	1.544 Mbps	2.048 Mbps
Ancho de Banda	1.536 Mbps	1.984 Mbps
Número de canales	24	32
Número de canales para voz	23	30
Ancho de banda por canal	64 kbps	64 kbps
Canal utilizado para señalización	24	17
Protocolo de señalización	Q.931	Q.931

Tabla 2.2. Comparación entre enlaces E1 y T1

2.3.2 QSIG

Es un protocolo de señalización punto a punto utilizado en redes de voz, internacionalmente es conocida como Sistema Privado de Señalización No. 1 (PSS1⁶), está basado en el estándar abierto de recomendaciones ITU-T Q850-Q999 [21]. Es compatible con la ISDN pública y privada, permite la interconexión de equipos de múltiples proveedores, puede operar en cualquier tipo de configuración de red, ya sea estrella, malla, jerárquica, etc. Provee comunicaciones entre PBX y es compatible con diferentes interfaces del mismo. Otra característica importante es que permite transportar diferentes servicios de forma transparente a través de la red.

⁶ Private Signaling System 1

2.3.3 Sistema de Señalización No 7 (SS7)

Estándar de señalización por canal común creado por la ITU-T⁷ y descrito en una serie de recomendaciones [22]. Es utilizado para proveer señalización en la PSTN, permitiendo establecer llamadas, intercambiar información, enrutar, operar y tarifar servicios en una red inteligente.

Este protocolo es de gran utilidad en la tecnología VoIP, debido a que gracias a ella se puede interconectar con la PSTN.

La estructura de una red de señalización SS7 está compuesta por puntos de señalización y enlaces de señalización.

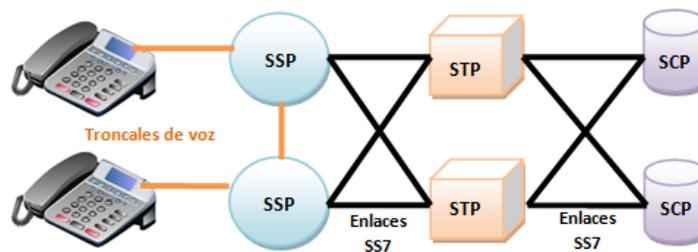


Figura 2.14 Estructura de una red con señalización SS7

- Punto de Conmutación de la Señalización (SSP⁸): Son switches telefónicos en los que se establece, conmuta y finaliza una llamada. Se comunican con otros SSPs por medio de circuitos con mensajes de señalización para gestionar recursos de la red, es decir, conectar, desconectar y administrar llamadas de VOZ.
- Punto de Transferencia de la Señalización (STP⁹): Provee acceso a la red, enruta o conmuta todos los mensajes de señalización en la red. Se comunica lógicamente con otros STPs, es decir, que no necesita de enlaces físicos para que se comuniquen, son configurados en pares y proveen de redundancia a la red.

⁷ International Telecommunication Union- Telecommunication Standardization Sector

⁸ Signal Switching Point

⁹ Signal Switching Point

- Punto de Control de la Señalización (SCP¹⁰): Proporciona acceso a las bases de datos para obtener información de enrutamiento adicional, información de operación y mantenimiento de servicios adicionales.

Modelos de señalización.

Existen tres tipos de modelos de señalización en una red con señalización SS7:

- Modo asociado: Los canales de señalización y de voz están directamente conectados entre dos puntos de conmutación de forma paralela. Es adecuado para grandes cantidades de tráfico, ya que un canal de señalización SS7 puede administrar más de 2 000 canales.

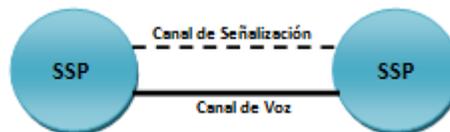


Figura 2.15 Señalización asociada

- Modo no asociado: Es el modo de señalización más utilizado por SS7. Los canales de voz pueden tener una conexión directa entre los puntos de conmutación, mientras que los mensajes de señalización se transmiten a través de múltiples puntos de transferencia para llegar al SSP final.

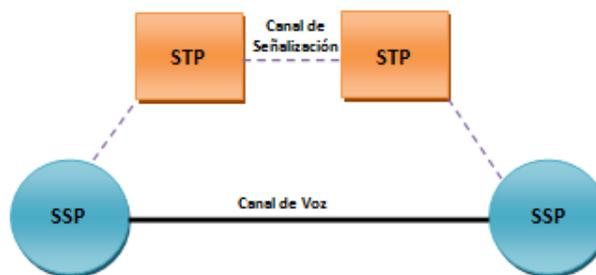


Figura 2.16 Señalización no asociada

¹⁰ Signal Control Point

- Modo cuasi-asociado: En este caso los mensajes de señalización se transmiten a través del mínimo número de puntos de transferencia posibles para llegar a su punto de conmutación final. Debido a que utilizan menos STPs que el modo no asociado, el retardo que introduce a la red es menor.

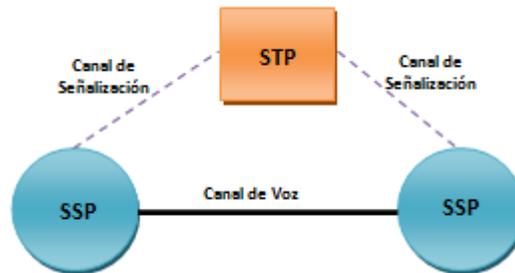


Figura 2.17 Señalización cuasi-asociada

Arquitectura de SS7

El protocolo de señalización SS7 se modela en cuatro niveles, los cuales se pueden observar en la figura 2.18.

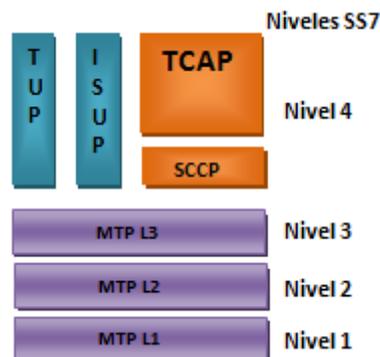


Figura 2.18 Arquitectura SS7

A continuación se hará una breve descripción de los protocolos utilizados por SS7.

- Parte de Usuario Telefónico, Telephone User Part (TUP): Proporciona los servicios básicos de telefonía.

- Parte de Usuario ISDN, ISDN User Part (ISUP): Es un protocolo orientado a la conexión, el cual se encarga de establecer, mantener y finalizar llamadas telefónicas entre dos nodos.
- Parte de Aplicación de capacidades de Transacción, Transaction Capabilities Application Part (TCAP): Define los protocolos utilizados para la comunicación entre las aplicaciones, permite la comunicación entre el nivel de aplicación y los niveles inferiores como MTP y SCCP enrutamiento entre las terminales.
- Parte de Control de Señalización, Signaling Connection Control Part (SCCP): Es un protocolo no orientado a conexión, provee direccionamiento y funciones adicionales a la MTP para transferir información entre las centrales en una red de señalización SS7 ya sea orientado a la conexión o no orientado a la conexión.
- Parte de Transferencia de Mensaje, Message Transfer Part (MTP): Es un protocolo de transferencia de mensajes, permite transmitir información de señalización a través de la red, está formado por tres niveles:
 1. Enlace de datos de señalización.
 2. Enlace de señalización.
 3. Red de señalización.

Para un estudio más a fondo del SS7 ver referencia [4].

2.4 ¿Qué es VoIP?

Voice over Internet Protocol es un protocolo que permite la transmisión de voz a través de una red IP. Este proceso se lleva a cabo mediante la digitalización, conversión y compresión de la misma en paquetes IP, los cuales son encapsulados en RTP, posteriormente en UDP antes de ser transmitidos por la red en un paquete IP. Los protocolos mencionados, así como algunos códecs serán analizados en el capítulo tres. Finalmente los paquetes de voz son ensamblados y convertidos a una señal de voz al llegar a su destino.

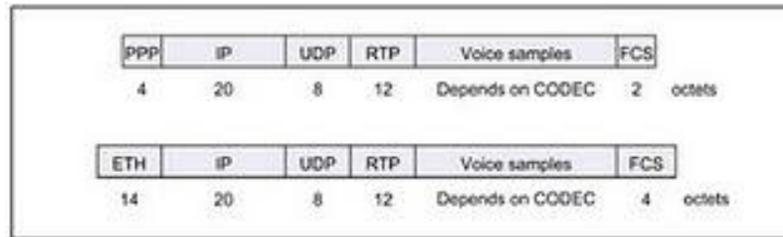


Figura 2.19 Tramas de voz con protocolos de capa de enlace distintos

El tamaño final de la trama depende del códec y del protocolo de transporte utilizados.

Los paquetes de voz pueden ser transmitidos a través de dos tipos de redes IP:

- **Pública:** La red pública es Internet, para la transmisión de voz a través de ella, el usuario debe contar con una tecnología de acceso de banda ancha, como ADSL¹¹, cable coaxial, fibra óptica, radio, Wimax, etc., para poder tener acceso a ella.
- **Privada:** Son redes como su nombre lo indica privadas, generalmente utilizadas por corporaciones, pueden ser LAN o WAN, utilizan de un IP PBX.

2.4.1 Telefonía IP

Es una de las aplicaciones más importantes y utilizadas de la tecnología VoIP, ya que permite realizar llamadas telefónicas encapsulando la voz en paquetes IP, los cuales son transportados a través de redes de datos sin necesidad de utilizar de los servicios de la PSTN, esto ofrece grandes ventajas ya que en telefonía IP los paquetes de voz pueden viajar a través de circuitos virtuales, que pueden transportar más de una conversación, sin necesidad de utilizar circuitos físicos.

Se pueden utilizar diferentes dispositivos para conectar una red VoIP, se explicarán brevemente a continuación:

- **Teléfono IP:** Son teléfonos que se conectan directamente a la red IP. Soportan generalmente sólo un protocolo de VoIP y diferentes códecs.

¹¹ Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital Asimétrica)

Algunos de ellos, como los teléfonos CISCO poseen características de un switch y cuentan con tres puertos:

1. El primer puerto (RJ-45) se conecta a un switch o a otro dispositivo VoIP.
2. El segundo puerto es una interfaz la cual envía tráfico VoIP.
3. El tercer puerto (RJ-45) se conecta a una PC u otro dispositivo.

Algunas características adicionales que poseen algunos teléfonos IP son: conector para audífonos y micrófono, pantalla con display, manos libres, etc.

- **Softphone:** Es un software que permite realizar llamadas VoIP a otros softphones o a teléfonos analógicos, la voz es capturada mediante un micrófono. Pueden ser propietarios, es decir utilizan los protocolos SIP, H323, entre otros; o libres los cuales utilizan protocolos estándar abiertos. Algunos ejemplos son: X-Pro, Twinkle, etc.
- **Adaptadores IP:** Son adaptadores que permiten conectar un teléfono analógico a una red IP. Algunos ejemplos de ellos son:
 1. **ATA:** Un adaptador telefónico analógico conecta un teléfono analógico con una red VoIP a través de un conector RJ-11.
 2. **FXS to USB:** Permiten conectar un teléfono analógico a una computadora.
- **Gateways:** Permiten interconectar una red VoIP con la PSTN, soportan SIP o H.323 y distintos códecs. Existen principalmente dos tipos de ellos:
 1. **Gateway-FXS:** Permite conectar una o más líneas telefónicas a través de un PBX con una red VoIP.
 2. **Gateway-FXO:** Se utilizan para conectar líneas telefónicas analógicas a un sistema o red telefónica IP.

Ya se describieron algunos dispositivos utilizados para conectar una red VoIP, ahora bien dependiendo de los dispositivos terminales utilizados se pueden implementar diferentes tipos de llamadas VoIP.

Las llamadas entre un dispositivo VoIP, ya sea softphone o teléfono IP a un teléfono analógico conectado a la PSTN se conoce como llamada PC- a- Phone. Las generadas entre dos dispositivos VoIP son conocidas como PC-a-PC.

Para más información ver referencias [1], [2], [3] y [4].

2.4.2 Beneficios de VoIP

Los beneficios que se consiguen a través del servicio de telefonía sobre VoIP son bastantes, he ahí el aumento del número de abonados e ingresos que está generando esta tecnología.

A finales del 2005 se contaba con 25 millones de abonados a servicios VoIP alrededor del mundo, se espera llegar a los 250 millones de abonados a finales de este año, según IDATE, una empresa francesa de investigación. Con esto se puede dar una idea de lo rápido que va creciendo el uso de VoIP en el mundo.

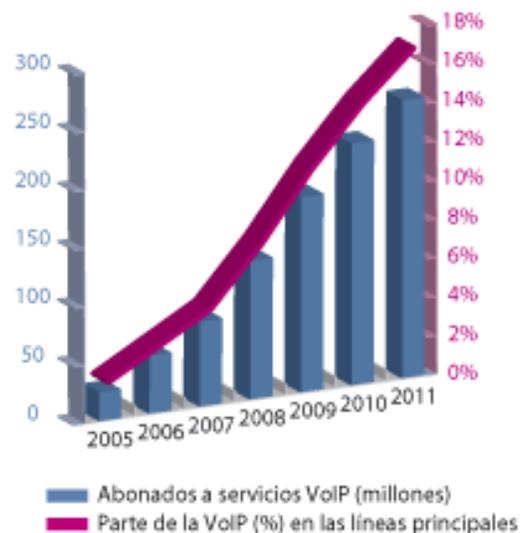


Figura 2.20 Gráfica de número de abonados a servicios VoIP, obtenida de la página web de IDATE [27]

Ahora bien se hará un breve análisis de las ventajas principales de esta tecnología:

- Precios bajos para los usuarios: El uso de tarifa plana, es decir se fija una única tarifa sin importar el tiempo de conexión a Internet o la cantidad de datos

transmitidos, así como la realización de llamadas de larga distancia sin cobrar los cargos asociados por interconexión, etc., disminuye de manera importante los costos del servicio de telefonía, haciéndolo más atractivo para los usuarios.

- **Convergencia de servicios:** No es raro observar que diferentes empresas ya sean de telefonía, televisión por cable y proveedores de internet están brindando este servicio, esto debido a que al utilizar una red IP para transmitir voz, la cual era utilizada únicamente para la transmisión de datos anteriormente, hace posible la convergencia de los servicios básicos, como telefonía, cable e internet; esto reduce la inversión en infraestructura y simplifica la administración de la red.
- **Mejores servicios añadidos:** Como filtro de llamadas, buzón de voz en el correo electrónico, sincronización con los contactos del correo, entre otros.

2.5 VLAN

La telefonía IP, como ya se ha comentado, está teniendo un gran auge, sobre todo en grandes y pequeñas corporaciones las cuales necesitan una forma eficiente y de bajo costo para comunicarse. Evidentemente al utilizar VoIP se necesita de una red por la cual se transmitirán diferentes tipos de tráfico con distintas prioridades, como voz, datos y video; para mejorar el rendimiento de la red es de gran ayuda su segmentación en pequeños dominios de broadcast o subredes, es aquí en donde entra el concepto de VLAN.

Una VLAN o LAN Virtual es una tecnología de networking que permite agrupar dispositivos conectados lógicamente a una red conmutada creando una subred la cual será independiente de otras VLAN aún cuando compartan algún tipo de infraestructura.

Son configuradas en un switch donde son dadas de alta, generalmente se les configura un nombre para identificarlas y describir su función, también se les asigna una dirección ip de red y cada uno de sus puertos es asignado a la VLAN correspondiente, estos son denominados puertos de acceso.

Los dispositivos que pertenecen a la misma VLAN deben tener configurados una dirección IP con su respectiva máscara, las cuales deben pertenecer a la subred de la VLAN, para así poder comunicarse entre ellos.



Figura 2.21 Red con VLANs

2.5.1 Tipos de VLAN

- **VLAN Predeterminada:** Todos los puertos pertenecen a esta VLAN al arranque del switch, al configurarlo se le designan todos los puertos que no están siendo utilizados. Su función es manejar el tráfico de control de Capa 2 de la red, es decir CDP¹² y el de STP¹³. Para switches cisco la VLAN predeterminada es la VLAN 1, la cual no puede eliminarse ni volverse a denominar. Para mayor seguridad se cambia la VLAN predeterminada por una diferente a la VLAN 1.
- **VLAN de Administración:** Puede ser cualquier VLAN que sea configurada para poder administrar al switch mediante HTTP, Telnet, SSH o SNMP. Si no se designó ninguna, la VLAN 1 será la de administración. Se le asigna una dirección IP y una máscara de subred.
- **VLAN de Datos:** Este tipo de VLAN es configurada para enviar sólo tráfico de datos.

¹² Protocolo de Descubrimiento de Cisco

¹³ Spanning Tree Protocol

- **VLAN de Voz:** Este tipo de VLAN es muy importante en una red que admite VoIP, debido a que el tráfico de voz necesita un tratamiento especial ya que requiere:
 - Mayor prioridad en su transmisión sobre otros tipos de tráfico.
 - Retardo menor a 150[ms], debido a que es el máximo para poder tener una llamada de buena calidad.
 - Ancho de banda suficiente para asegurar una buena calidad de servicio.

Los puertos asignados a una VLAN de voz permiten que se envíe tráfico de voz desde un teléfono IP conectado al mismo, esto lo hace mediante mensajes que le indican al teléfono IP que envíe el tráfico de voz con el ID de la VLAN de voz, si pasa tráfico de datos por el teléfono IP, este lo envía sin etiquetar al switch, el cual después lo envía a su destino.



Figura 2.22 Uso de VLANs para separar el tráfico de voz y el tráfico de datos

2.5.2 Enlaces Troncales

Son enlaces punto a punto entre dos dispositivos, los cuales transportan tráfico de más de una VLAN y permiten comunicar dispositivos que pertenecen a la misma o a distintas VLAN en una red. Para poder lograr la comunicación de las VLAN en la red es necesario del encabezado de encapsulación 802.1Q. Al llegar una trama Ethernet, la cual contiene los datos que se desean transmitir, a un puerto configurado en modo de acceso en un switch, el protocolo 802.1Q agrega una etiqueta con el ID de la VLAN a la que pertenece y después de calcular el FCS se envía a un puerto del enlace troncal. Una vez que llega al switch en el cual se encuentra el dispositivo de destino, este elimina la etiqueta de la trama Ethernet y la enruta al puerto de destino correspondiente.

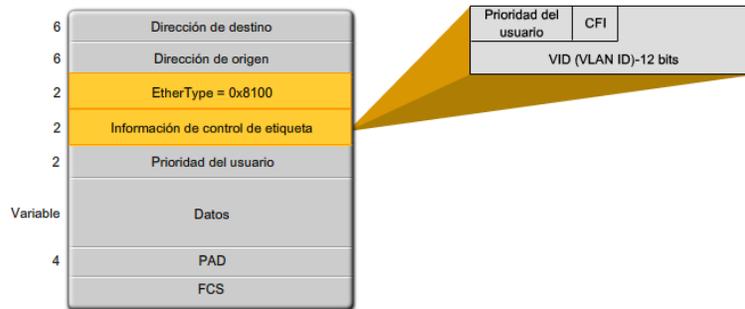


Figura 2.23 Campo de etiqueta de una VLAN en una trama[

2.5.3 Beneficios de implementación de VLANs.

La creación de VLAN no es la única forma de segmentar una red, pero proporciona grandes ventajas, las más importantes son:

- Seguridad: Se puede separar los dispositivos que manejan tráfico importante implementándoles políticas de seguridad y acceso adicionales al resto de la red.
- Reducción de costos: Al segmentar la red disminuye el tráfico en la misma lo que se traduce en un uso más eficiente de ancho de banda y al poder conectar lógicamente los dispositivos de la red se utilizan menos enlaces físicos, esto entre otras cosas hace que el ahorro de costos sea mayor.
- Mayor Rendimiento: Como ya se mencionó al crear dominios de broadcast según el tipo de tráfico reduce el tráfico innecesario y le da prioridad al tráfico más importante lo que aumenta el rendimiento de la red.
- Otras: Facilidad de cambios y de movimiento de dispositivos en la red, debido a que al tener una dirección ip estática no es necesario cambiar la configuración del switch.

Para un estudio más detallado ver referencia [16].