

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
UNIVERSIDAD DE CHILE**

CURSO EL6019

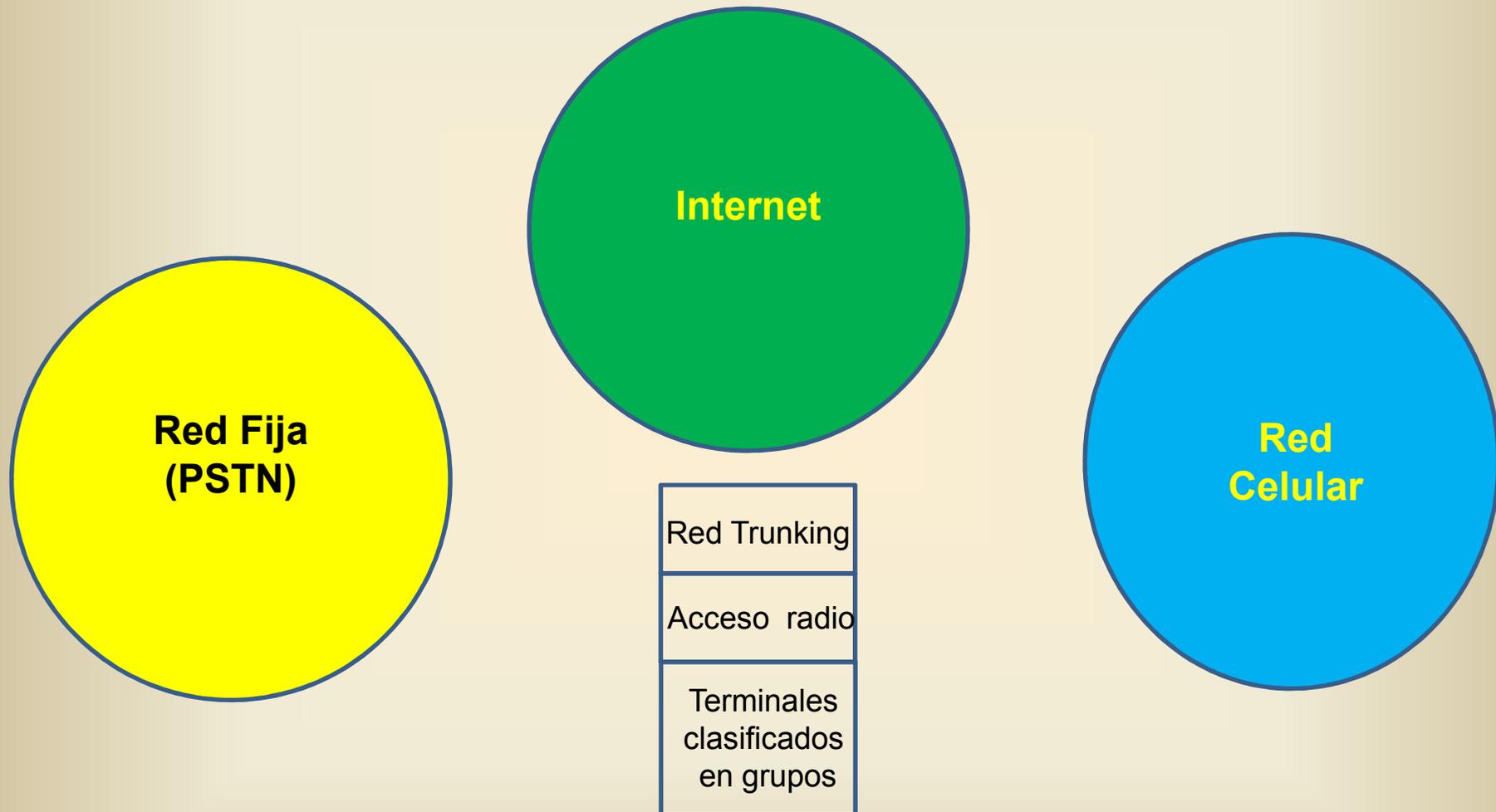
“Redes de comunicaciones usadas por el servicio telefónico”

INTRODUCCIÓN

(Módulo Prof. Luis Castillo B.)

V 2013

1.- LAS GRANDES REDES PÚBLICAS PARA SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES



Trunking: Todos los terminales están siempre conectados a través del circuito de control (datos por paquetes) Si un terminal presiona Push to Talk, el sistema asigna frecuencia a ese usuario y enciende la recepción en esa frecuencia a todos los usuarios del grupo

2.- LA TELEFONÍA TRADICIONAL Y LA RED TELEFÓNICA CONMUTADA PÚBLICA (PSTN)^(*)

(*) PSTN ó Public Switched Telephone Network

V2013

¿QUÉ ES LA TELEFONÍA TRADICIONAL?

- **Antes de empezar el estudio de la TELEFONIA IP, se debe conocer los conceptos más importantes de la TELEFONIA TRADICIONAL.**
- **La telefonía tradicional tiene ventajas sobre la telefonía IP, las que aún no ha sido posible superar plenamente.**
- **Para referirse a telefonía tradicional se usan diferentes términos: TELEFONIA TDM, TELEFONIA DE CONMUTACION DE CIRCUITOS, PLAIN OLD TELEPHONE SERVICE. A veces, impropriamente, se le llama TELEFONIA ANALOGICA, lo que es incorrecto puesto que las centrales telefónicas tradicionales y la red que las interconecta, actualmente son 100% digitales.**

- **Por otra parte, a veces para referirse a la TELEFONÍA IP, se habla de VOZ SOBRE IP, lo que en rigor también es impropio.**
- **Dedicaremos ésta y otra clase a describir en forma cualitativa el funcionamiento y los conceptos fundamentales de la telefonía**
- **Terminada esta revisión rápida, iniciaremos el tratamiento de la telefonía IP (los días Martes en la mañana), y en paralelo, se continuará profundizando los conceptos de la telefonía tradicional (los días Jueves y los Martes en la tarde).**

2.1 LA TELEFONIA TRADICIONAL SE BASA EN LA CONMUTACION DE CIRCUITOS



- **A = Abonado que inicia la llamada; B = Abonado llamado**
- **Cada abonado se conectan a la central local mediante un circuito telefónico local**
- **El circuito telefónico local normalmente está constituido por un par de hilos de cobre (loop de cobre) y una híbrida en cada extremo.**
- **Para cada llamada telefónica, se establece en la PSTN un circuito telefónico extremo-extremo, prolongando el circuito telefónico local de A, hasta el circuito telefónico local de B, a veces a través de varios circuitos de transmisión y centrales.**

- **Un circuito telefónico está compuesto por dos canales: 1 para la transmisión de A hacia B (recepción en B) y otro para la transmisión de B hacia A (recepción en A).**
- **La función de la central es conmutar circuitos:**
 - **Circuito local de un abonado con circuito local de otro abonado de la misma central: TRAFICO LOCAL**
 - **Circuito local de abonado A en la central con circuito hacia otra central: TRAFICO SALIENTE**
 - **Circuito local de abonado B en la central con circuito hacia otra central: TRAFICO ENTRANTE**

2.2 ESTABLECIMIENTO DE UNA COMUNICACION TELEFÓNICA TRADICIONAL

1) El llamante (A) levanta su microteléfono y recibe tono de discar

4) La campanilla del teléfono de destino (B) suena avisando al usuario llamado



Teléfono análogo

3) Se envían señales a través de la red con el fin de establecer un circuito extremo-extremo para la llamada



Teléfono análogo

2) El llamante (A) marca el número del teléfono con el que quiere comunicarse

5) El llamado (B) levanta y comienza la conversación. Las señales de audio viajan en ambos sentidos a través de los dos canales del circuito que estableció la red

6) La conversación termina, se hace la facturación de la llamada, los circuitos y demás recursos usados durante la llamada se liberan

2.3 ESTRUCTURA DE LA RED TELEFÓNICA TRADICIONAL

- **La gran cantidad de usuarios telefónicos, así como la gran cantidad de centrales en todo el mundo, hacen conveniente estructurar la red en base a centrales especializadas para conmutar ciertos tipos de tráfico.**
- **Se llega así a la PSTN**

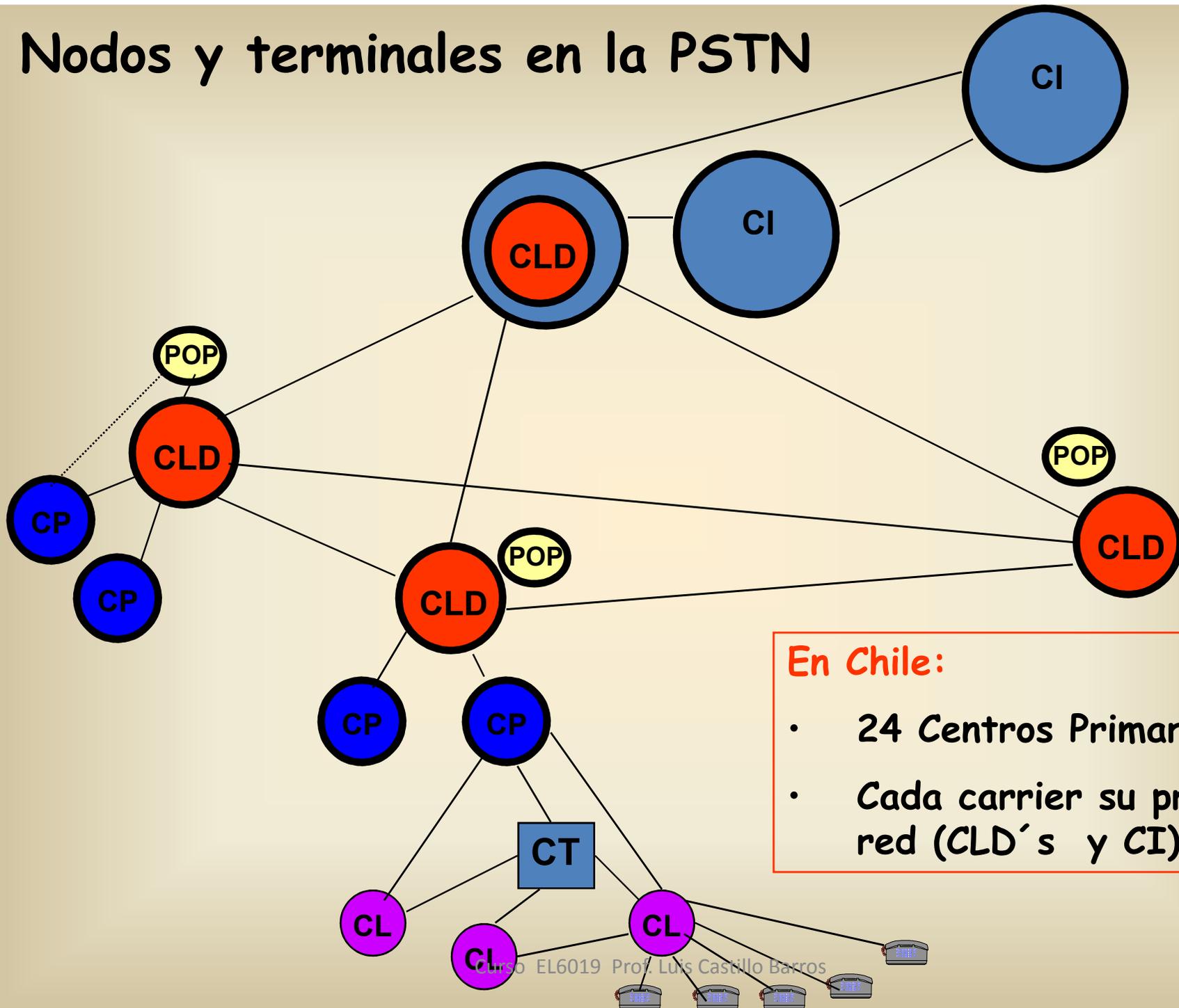
Topología la Red Telefónica Conmutada Pública (PSTN)

Terminales, nodos y enlaces en la PSTN:

- Equipos terminales de abonado (teléfonos, fax, modems, PC, ADSL, etc.)
- Centrales Privadas (PABX) y Equipos Multilíneas
- Pares telefónicos entre terminales y central local (parte de la planta externa)
- Centrales Locales
- Centrales Tandem
- Centros Primarios

- **Centros de Larga Distancia (o Centros Interurbanos)**
- **Puntos de Presencia Internet (POP)**
- **Centros Internacionales**
- **Plataformas de Servicios de Valor Agregado y Puntos de Red Inteligente**
- **Enlaces desde centros locales, a centros locales, tandem y primarios (parte de la planta externa)**
- **Enlaces interurbanos**
- **Enlaces internacionales**

Nodos y terminales en la PSTN

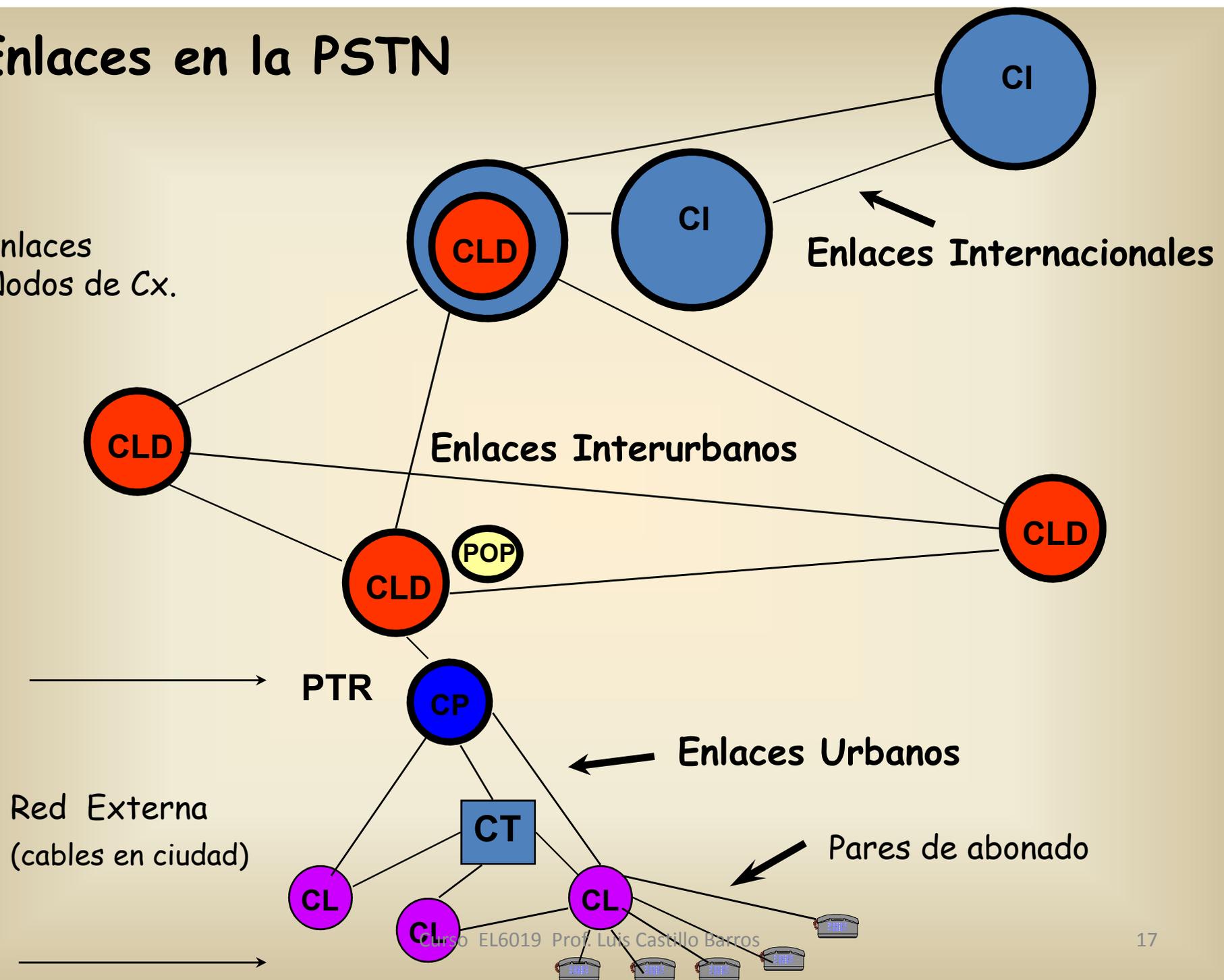


En Chile:

- 24 Centros Primarios
- Cada carrier su propia red (CLD's y CI)

Enlaces en la PSTN

- Enlaces
- Nodos de Cx.

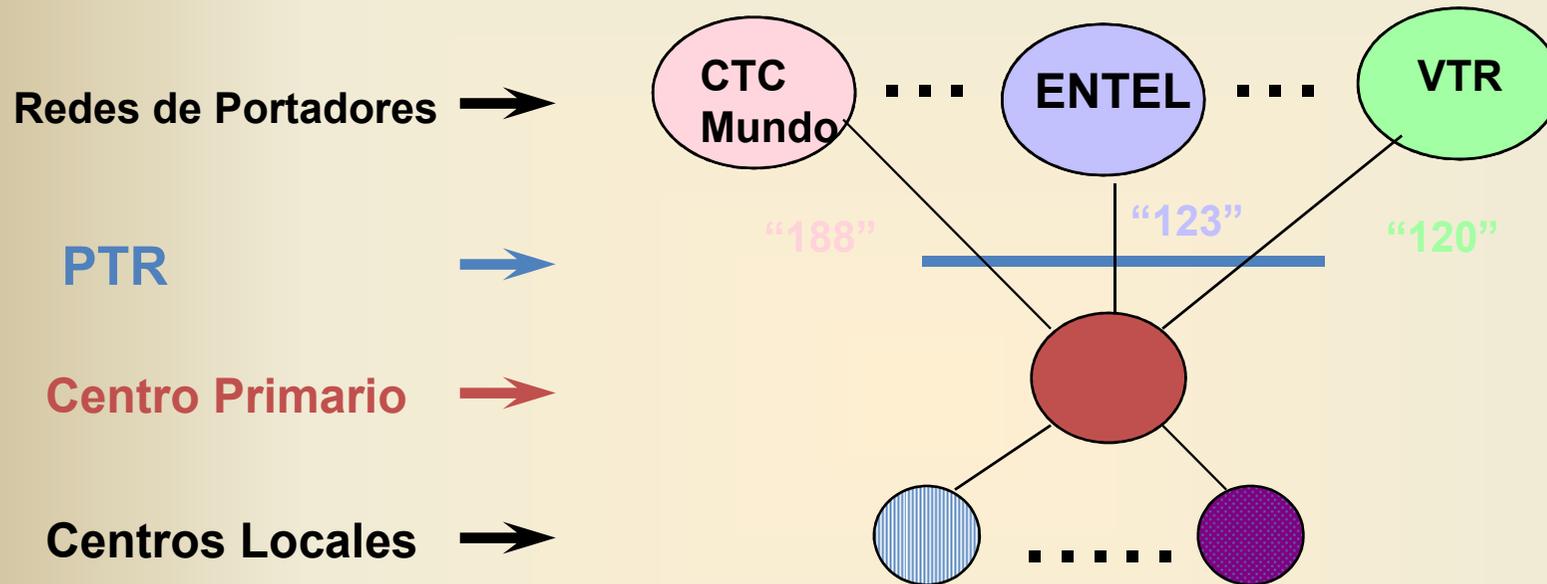


Distribución de las Inversiones en la PSTN

| | |
|---|-----------|
| Equipos Terminales | 5% a 10% |
| Red Externa (incluyendo enlaces urbanos) | 30% a 35% |
| Nodos de Conmutación Local | 20% |
| Nodos de Conmutación L.D. | 5% |
| Enlaces de transmisión L.D. | 23% a 30% |
| Edificios y Terrenos | 5% a 10% |

2.4 SERVICIO MULTICARRIER EN CHILE

Servicio Multicarrier en Chile



* Hoy existen 24 Centros Primarios distribuidos geográficamente

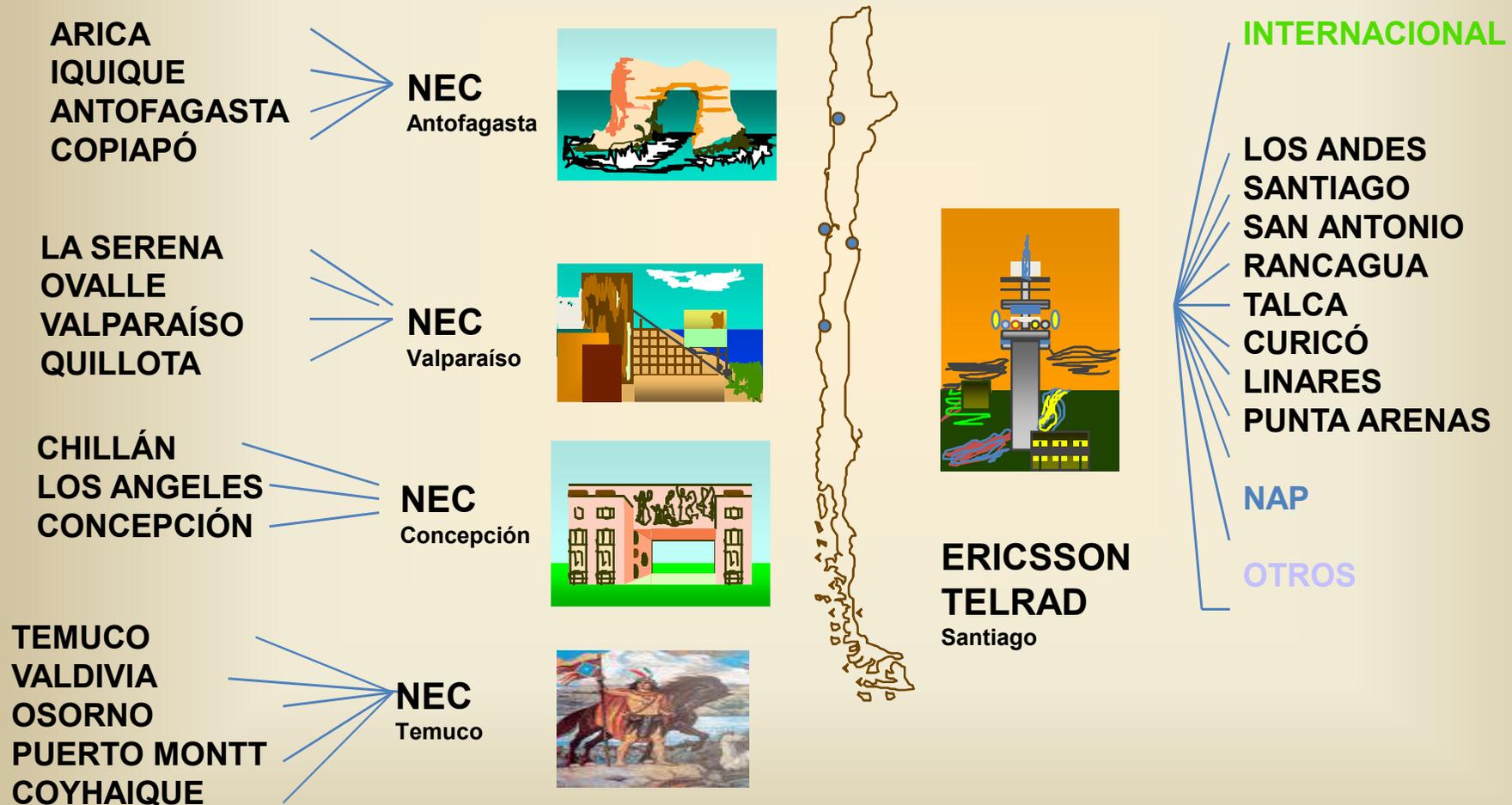
* Multicarrier discado

| | | |
|---------------|--------|----------------|
| Nacional | 1 YZ | (CA) (NA) |
| Internacional | 1 YZ 0 | (CP) (CA) (NA) |

* Multicarrier contratado

| | | |
|---------------|----|----------------|
| Nacional | 0 | (CA) (NA) |
| Internacional | 00 | (CP) (CA) (NA) |

Red de Centrales de Entel



2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA PSTN

- **La infraestructura (teléfonos, red externa, red telefónica conmutada) provee una serie de componentes que permiten establecer las llamadas en forma rápida y confiable.**
- **Una breve descripción de algunos de estos componentes será útil para entender la telefonía tradicional , y para saber que debe “copiar” la telefonía IP de la telefonía tradicional para lograr proveer el mismo desempeño, confiabilidad y seguridad que ella.**

Los componentes principales de la PSTN son:

- **Teléfono**
- **Codificador de voz**
- **Central telefónica**
- **Centralita privada (Private Branch Exchange PBX)**
- **Troncales y puertas en la PSTN: Interfaces de interconexión con la PSTN**
- **Señalización**
- **Plataformas para servicios RI**

2.5.1 TELÉFONO

En la RTPC se utilizan teléfonos analógicos y digitales

Teléfono analógico:

Es el tipo más popular en la actualidad. Se conecta a las centrales locales y PBX de la PSTN a las que el teléfono analógico envía señales analógicas estandarizadas a través del par de hilos de cobre. En la central local estas señales se digitalizan.

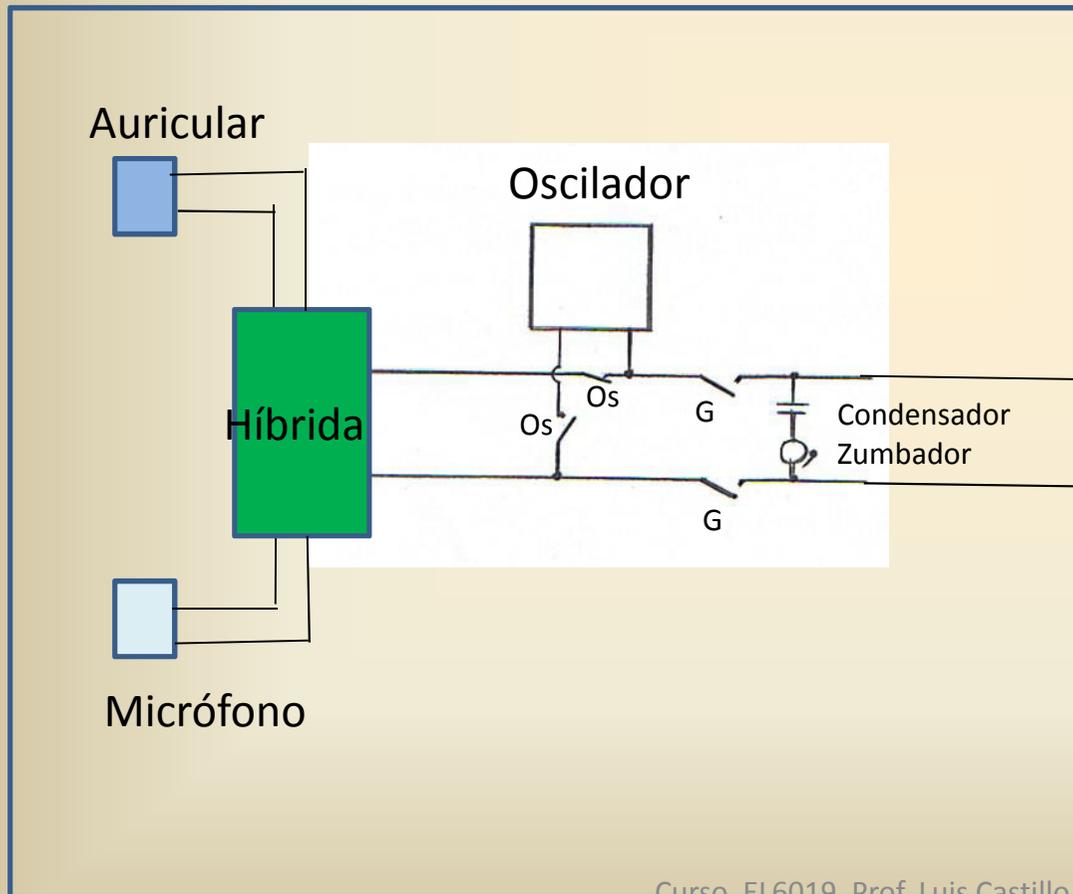
Teléfono digital:

Muchas Corporaciones tienen PBX a las que se puede conectar teléfonos analógicos y además teléfonos digitales. Estos últimos digitalizan la voz y entregan y reciben de la PBX directamente señales digitales (señalización y voz), a través del par de cobre.

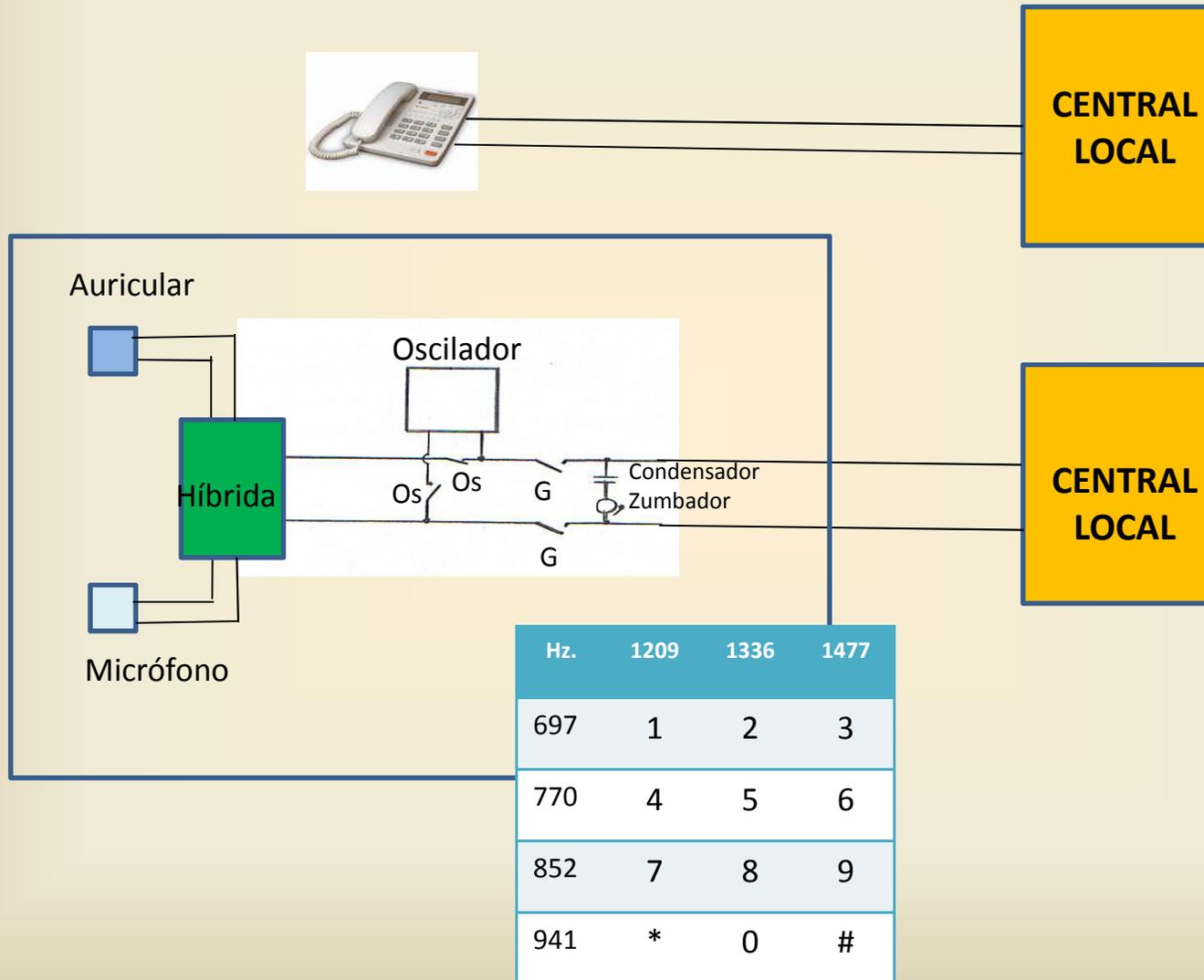
Tienen limitaciones de distancias entre la ubicación del teléfono y la PBX.

Las señales digitales tienen formatos propietarios

Teléfono analógico



Teléfono analógico



2.5.2 CODIFICADOR DE VOZ

- Cuando hablamos frente al micrófono del microteléfono, se produce una señal eléctrica analógica que inicialmente viaja en esa forma por el par telefónico hasta la central local. Allí esta señal es digitalizada (convertida en sucesión de ceros y unos) y transmitida en esta forma hasta el otro extremo de la red, donde vuelve a convertirse en analógica.
- Las señales analógicas de audio se convierten a formato digital, y viceversa, mediante los CODEC, que emplean protocolos estandarizados para realizar la conversión.
- El estándar más usado es el G.711. Emplea una técnica de codificación llamada PCM (Pulse Code Modulation)

- **Dentro de G.711 hay dos variantes: G.711u (usado principalmente en Norteamérica) y G.711a (usado fuera de Norteamérica)**
- **G.711 convierte las señales analógicas de audio entrantes en señales digitales a una tasa de 64.000 bits/seg, a la salida.**
- **Un canal simple es normalmente denominado IT.**
- **Un banco PCM o trama E1 está constituido por 30 IT + 1 IT para la señalización + 1 IT para sincronismos y alarmas**

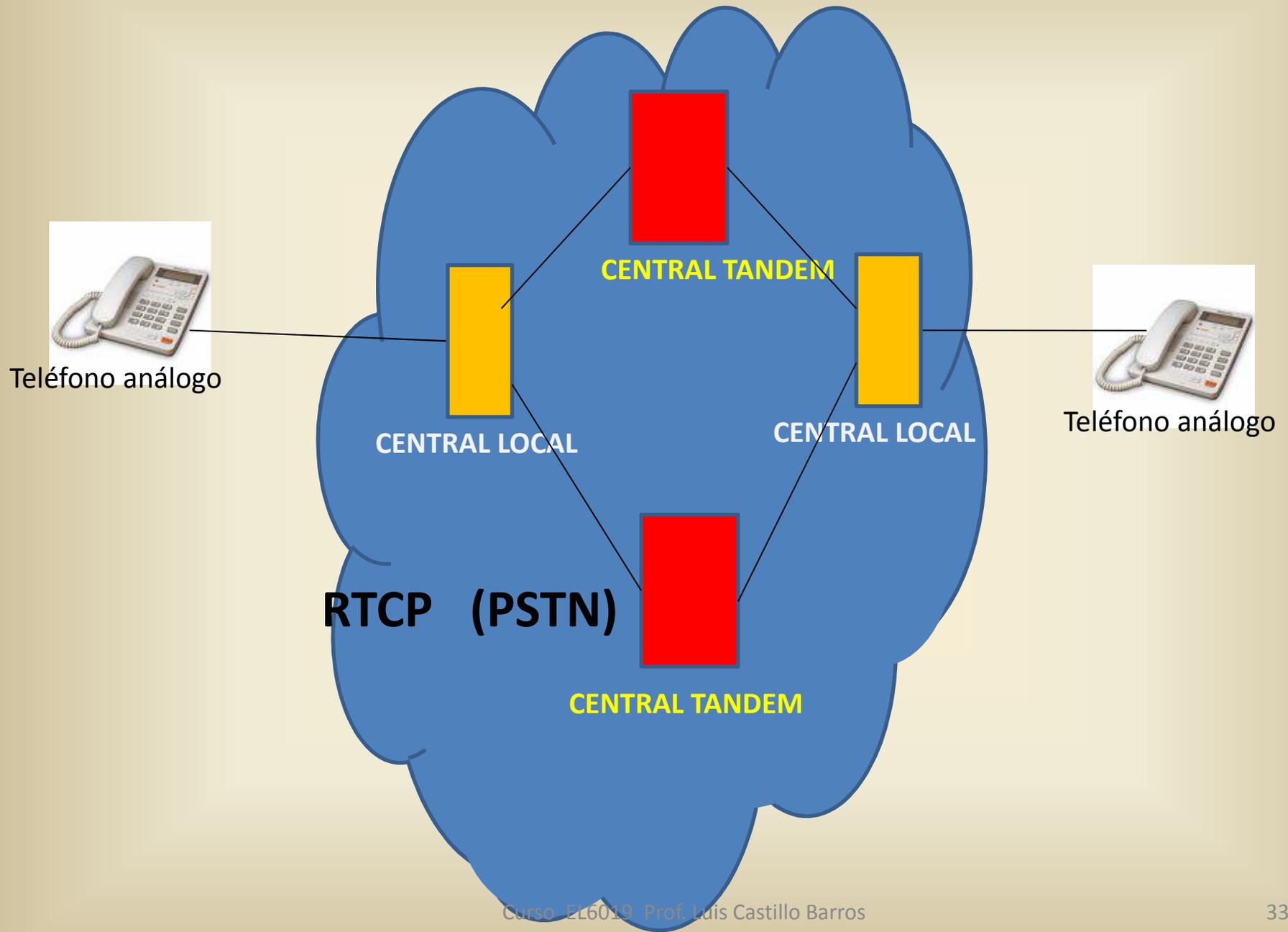
2.5.3 CENTRALES TELEFONICAS

- **Son los nodos que conforman el núcleo de la Red Telefónica Conmutada Pública.**
- **Conmutan las llamadas de circuito a circuito, estableciendo el camino requerido para las llamadas por la red telefónica de circuitos.**
- **Un grupo de circuitos entre centrales se denomina TRONCAL y su capacidad se mide en cantidad de tramas E1**

- **Las centrales se categorizan en base a las funciones que realizan.**
- **Ya vimos la clasificación usada en Chile.**
- **Es útil dedicar unos minutos a conocer la nomenclatura usada en EE.UU. para entender textos de telefonía editados en ese país.**
- **La central a la que llegan las líneas de los usuarios (CENTRAL LOCAL), en EE.UU. son conocidas como “Central Office” , “CO” o “Central Clase 5”.**
- **Las centrales locales son operadas por las compañías telefónicas locales, operadores a los que en EE.UU. se les denomina “Local Exchange Carrier” (LEC)**

- **Las centrales locales entregan , a través de troncales, las señales digitalizadas a otras centrales de la red PSTN.**
- **Las centrales TANDEM, son operadas en EE.UU. por compañías de larga distancia a las que se llama “Interexchange Carrier” (IXC). En Chile la CTC llama centrales Tandem a las de tránsito entre centrales locales. En EE.UU., la acepción es mucho más amplia, ya que incluye a los CL, CP, CLD, CI chilenos.**
- **Las centrales Tandem se conectan a centrales locales y a otras centrales Tandem para proveer caminos de circuitos a través de la PSTN.**

- **En EE.UU. se distinguen distintas clases de Tandems:**
 - “Clase 4” Interconecta áreas de una ciudad o pueblos en una región**
 - “Clase 3” Interconecta grandes centros de población en una región particular**
 - “Clase 2” Interconecta todas las regiones**
 - “Clase 1” Interconecta centros internacionales fuera de EE.UU.**
- **Las centrales Tandem cursan tráfico masivo y están diseñadas para ser muy escalables y confiables.**



2.5.4 PRIVATE BRANCH EXCHANGES (PBX)

- La PBX son la base de las redes de voz corporativas de empresas y organismos de diversas índoles. Las redes corporativas pueden estar constituida por una o varias PBX interconectadas entre ellas mediante troncales TIE.
- Los teléfonos conectados a las PBX se conocen con el nombre de “extensión” ó “anexo”
- Las redes corporativas tienen diferencias con aquellas que atienden residencias.

Tienen que servir a múltiples usuarios que requieren de features avanzados (caller ID, transferencia de llamadas, desvío de llamadas, etc.).

En estas redes las llamadas entre los usuarios de la corporación, desde el punto de vista de los usuarios, no distinguen si ellos están en la misma ciudad o en otra muy lejana. Es decir toda llamada dentro de la Corporación es llamada local.

Para las comunicaciones con el exterior (con la PSTN) las PBX se interconectan a centrales locales mediante grupos de circuitos que son de uso común para todos o grupos de anexos, consiguiéndose así ahorros de costos, al aprovechar mas eficientemente las conexiones con la PSTN.

Servicio “Direct Inward Dial” (DID)

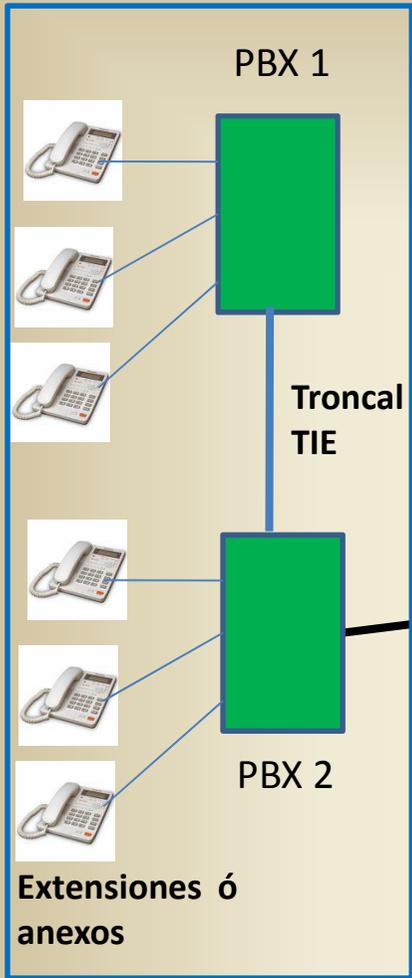
Para una PBX que disponga del equipamiento necesario, se puede contratar con la empresa de telefonía local el servicio “Direct Inward Dial” (DID). Este servicio permite que las llamadas desde la PSTN lleguen directamente a la extensión (o anexo), sin pasar por operadora. Para ello la central local asigna troncales especiales, analógicas o digitales, por las que envía a la PBX los últimos dígitos digitados por el abonado llamante, los que corresponden al número del anexo.

En el servicio DID la central local de la PSTN señala a la PBX para que inicie el proceso DID, que consiste en enrutar la llamada entrante directamente al anexo correspondiente a los últimos dígitos marcados por el llamante, los cuales también son transferidos por la central local a la PBX.

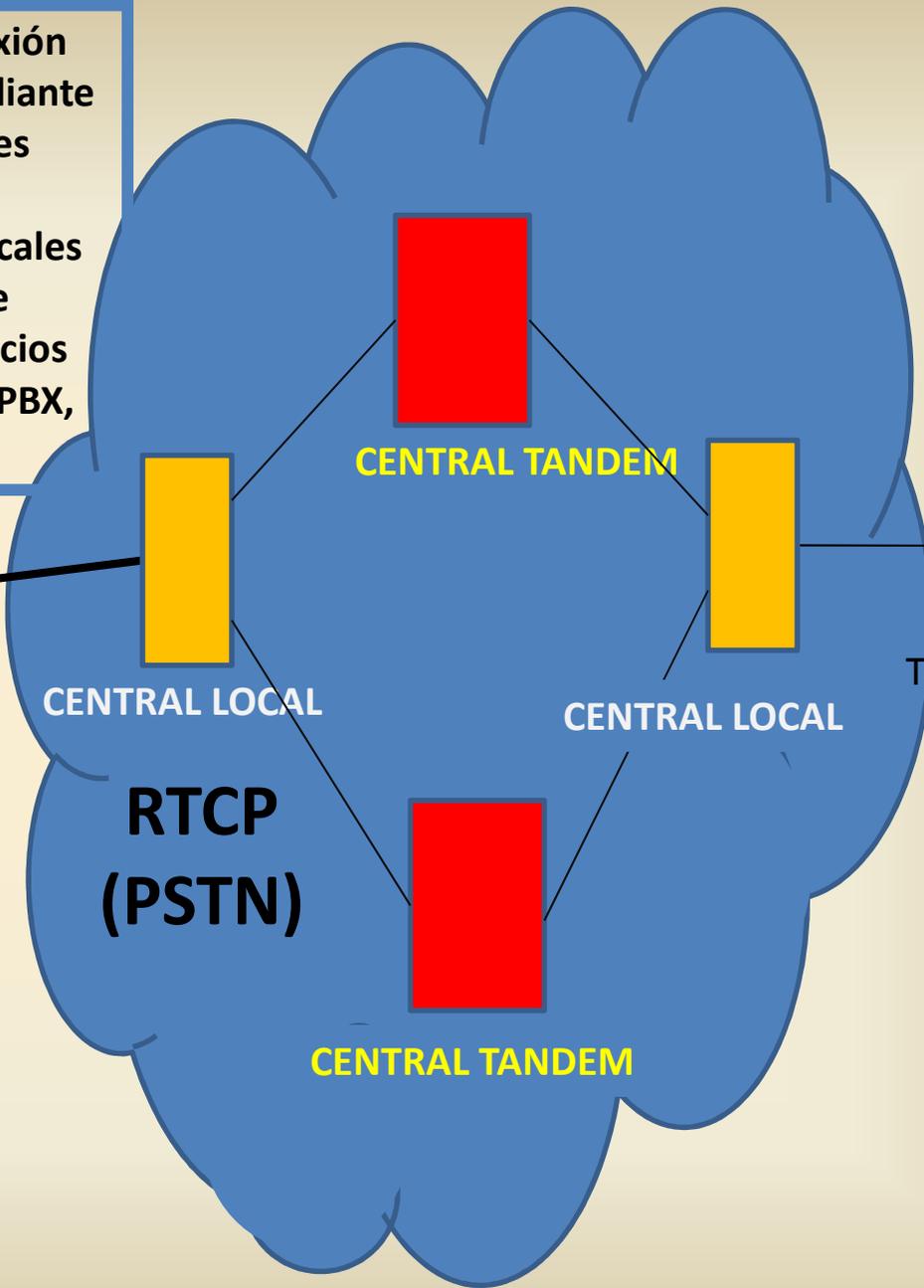
Las PBX también proporcionan los features tradicionales, como llamadas en espera, conferencias, desvíos.

Muchas grandes corporaciones tienen redes de PBX. Como dijimos, las troncales que interconectan las PBX entre ellas se les conoce como troncales TIE.

En sistemas de telefonía IP las PBX IP realizan las mismas funciones de las PBX de la PSTN



Esta interconexión puede ser mediante líneas normales analógicas o mediante troncales especiales que permiten servicios DID, cabecera PBX, etc.



Teléfono analógico

Red corporativa

2.5.5 TRONCALES Y PUERTAS EN LA PSTN

Interfaces de interconexión con la PSTN

Para la conexión a la PSTN existen diferentes tipos de TRONCALES o INTERFACES, que corresponden a puertas por las que se intercambia señalización y las señales de audio correspondiente a la conversación telefónica. Hay puertas digitales y analógicas.

¿Qué es una puerta?

Los distintos dispositivos e instalaciones utilizados en los sistemas de telecomunicaciones se interconectan entre ellos a través de “puertas”.

Toda puerta tiene dos partes: una que “mira” hacia el interior del dispositivo o instalación y otra que tiene por finalidad recibir o enviar las señales a otro dispositivo con el cual se interconecta.

La parte de la puerta que “mira” hacia el interior normalmente está alambrada en forma fija, mientras que la otra parte, que es la que nos interesa, corresponde a un conector, al que se pueden conectar o desconectar cables hacia otros dispositivos.

Entonces, cada vez que hablemos de “puerta” de un dispositivo o instalación nos estaremos refiriendo a la parte que mira hacia el exterior del dispositivo, o sea al conector.

- **PUERTA FXS**: La forma más común de conexión a la PSTN es como usuario de una línea telefónica analógica de una central local. A este tipo de puerta de entrada a la PSTN se le conoce como puerta FXS (Foreign Exchange Station). Todos tenemos en las paredes de nuestra casa, una o más puertas FXS. Las puertas FXS proporcionan servicio POTS.

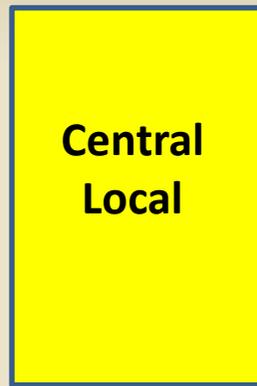
Una puerta FXS se conecta mediante cable a una puerta FXO de un dispositivo o terminal FXO (Foreign Exchange Office) como lo son los terminales teléfonos analógicos, las máquinas fax, los módems, etc. Todo terminal FXO tienen una o más puertas FXO para conectarse a puertas FXS de la PSTN.

Las puertas FXS de la PSTN proporcionan señalización que entienden los terminales FXO: batería de alimentación, tono de invitación a discar y voltaje de ringing.

Por su parte las puertas FXO proporcionan señalización que entienden las centrales y PBX: tonos MFC y señales de cuelgue y descuelgue.

Se tiene entonces que, como ocurre con un plug y un jack, siempre una puerta FXO se conecta con una puerta FXS. Nunca FXO con FXO ni FXS con FXS.

Algunos dispositivos como las PBX , tienen tanto puertas FXS como FXO



FXS

La puerta FXS envía al teléfono: batería de alimentación, tono de invitación a discar y voltaje de ringing.



FXO



La puerta FXS NO ENVIA al teléfono tonos MFC , señal de cuelgue ni señal de descuelgue.



FXS

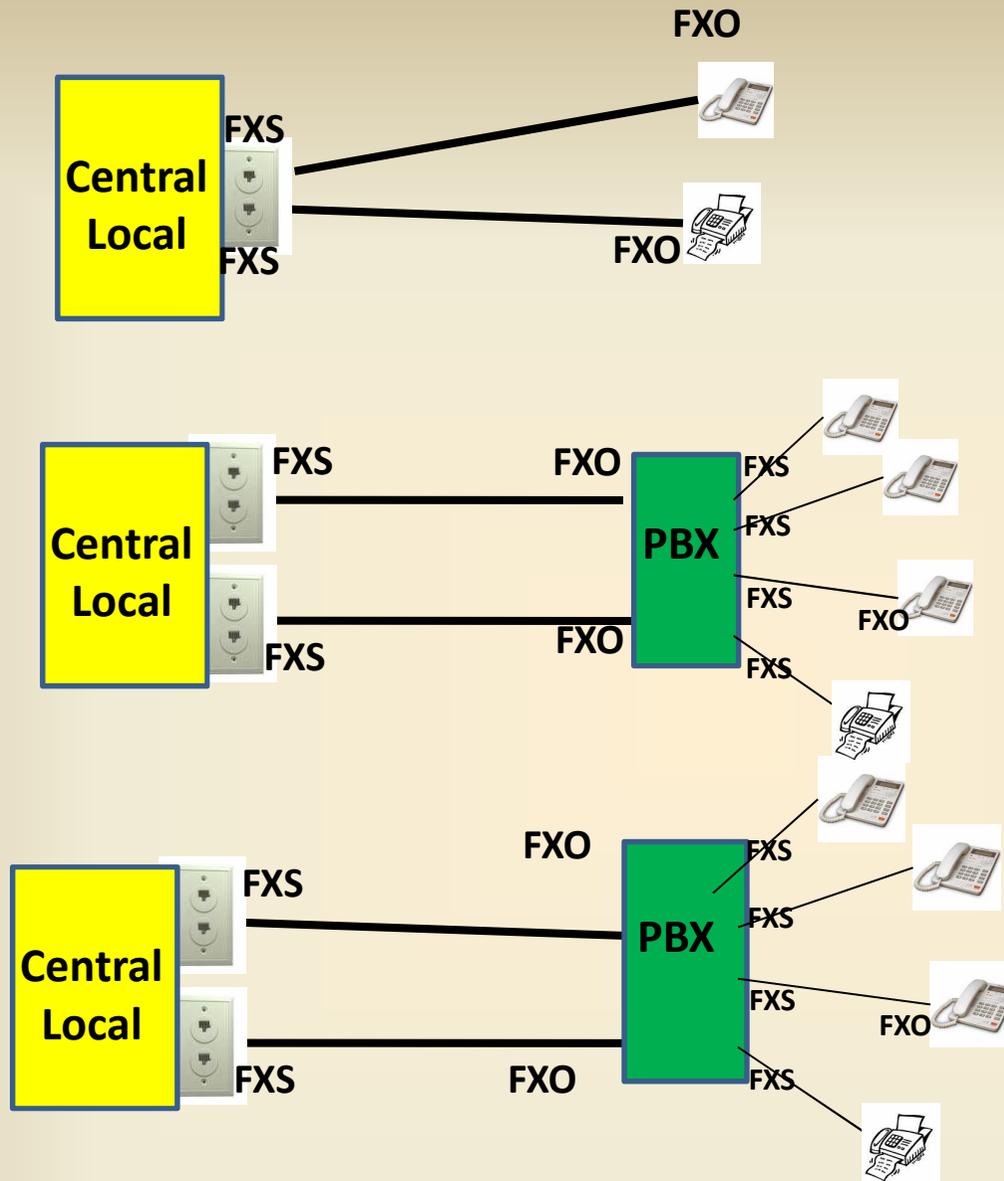
La puerta FXO envía a la central tonos MFC (nº marcado), señal de cuelgue y señal de descuelgue.



FXO



La puerta FXO NO ENVIA a la central: batería de alimentación, tono de invitación a discar ni voltaje de ringing.



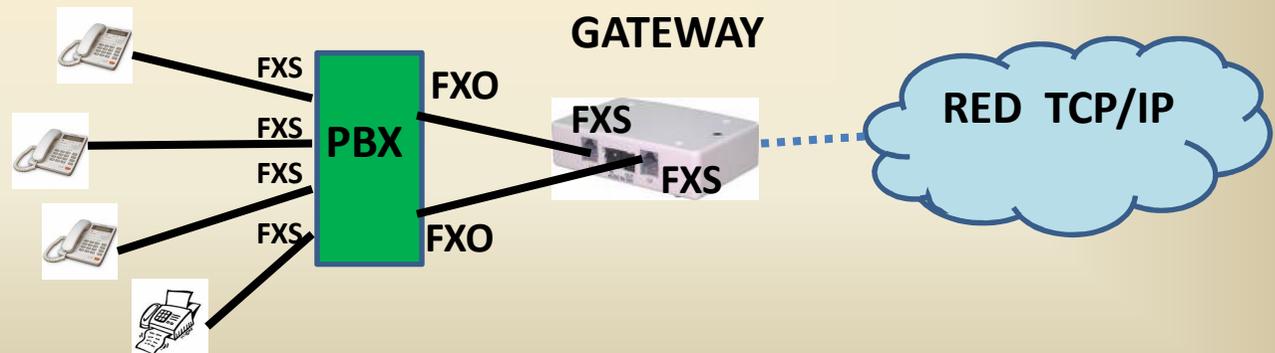
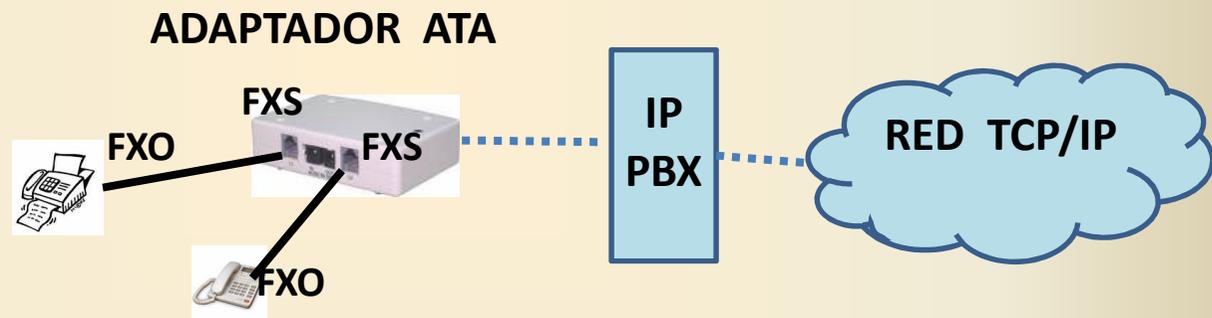
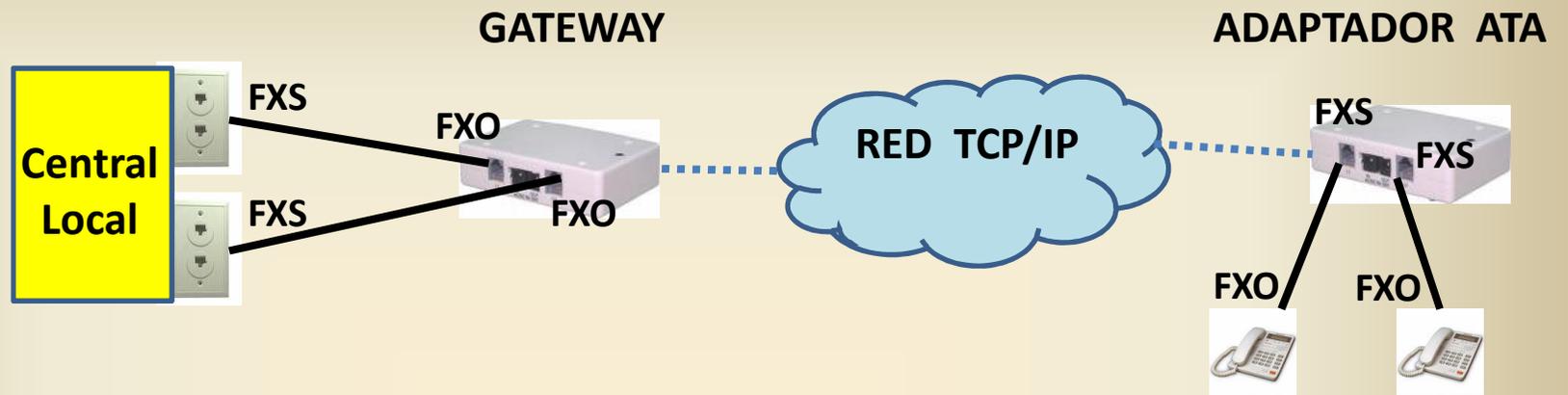
En dispositivos telefónicos y de redes de datos, las puertas se suele rotular:

FXO = "LINE"
FXS = "Phone"

indicando con ello que la puerta FXO es para conectar y desconectar en ella una línea y que la puerta FXS es para conectar y desconectar en ella un "phone" es decir un aparato telefónico

FXS → S: a puerta FXS se conecta y desconecta un Suscriptor (el "Phone" u otro tipo de terminal, como lo es una PBX)

FXO → O: a puerta FXO se conecta y desconecta la Office o central local (la "Line")



ATA = Analog Telephone Adaptor

Si se conecta una puerta FXO con otra puerta FXO, no se logra interconexión alguna, ya que corresponde a conectar un teléfono con otro teléfono, sin que nadie proporcione tono de invitación a discar, voltaje de alimentación ni voltaje de ringing.

- **PUERTA DIGITAL ISDB BRI (Basic Rate Interface):** Permite la conexión digital de usuarios con servicio RDSI. Esta conexión proporciona dos circuitos denominados Bearer (B) y uno Delta (D), por lo que se dice que ésta es una conexión 2B + D. Cada circuito B permite la transmisión de dos flujos de 64 Kbps de información de datos, voz, video, y el circuito D de flujos 16 Kbps de información de señalización y control, y eventualmente también de datos (telemetría).

Nota: ISDN = Integrated Service Digital Network, en español = RDSI

- **PUERTA LINEA TRONCAL ANALOGICA ESPECIAL:** Para interconectar PBX con servicios especiales proporcionados por la central local (DID, número cabecera de PBX, etc.). Las troncales que permiten servicio DID pueden hacer llegar dígitos a la PBX. En estos casos las troncales de la central local no se conectan a una puerta FXO normal de la PBX.

Las troncales analógicas para servicio DID cursan tráfico solamente en el sentido entrante a la PBX.

- **PUERTA DIGITAL E1** permite la conexión de 32 circuitos de voz. Normalmente se usa conector RJ45 con dos pares alambrados (Tx y Rx).
- **PUERTA DIGITAL T1** (no se usa en Chile) permite la conexión de 24 circuitos de voz (24)
- **PUERTA DIGITAL E1 PRI (Primary Rate interface)** permite la conexión digital de una PBX con servicio RDSI a la PSTN. Corresponde a una conexión de 30 circuitos B 64 Kbps más 2 circuito D 64 Kbps (30B + 2D)
- **PUERTA DIGITAL T1 PRI** (no se usa en Chile) permite la conexión digital de una PBX con servicio RDSI a la PSTN. Corresponde a una conexión de 23 circuitos B 64 Kbps más 1 circuito D 64 Kbps (23B + D)

2.6 INTERCONEXIÓN DE CENTRALES ENTRE SÍ

Además existen diferentes tipos de troncales (interfaces) para la interconexión de centrales entre sí.

Los distintos tipos de interfaces para la interconexión entre centrales se definen con sus respectivos protocolos, cada uno de los cuales se conoce como un **“SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN”**

En otras clases se revisarán más detenidamente los conceptos de señalización y sistemas de señalización. También se estudiará en detalle el sistema de señalización SS7 que ha adquirido mucha importancia en las redes modernas.

3.- CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS Y CONMUTACIÓN DE PAQUETES

**Haremos una revisión de dos importantes conceptos,
centrales en este curso:**

Telefonía mediante conmutación de circuitos

Telefonía mediante conmutación de paquetes

Características de la conmutación de circuitos:

- **Durante el establecimiento de la comunicación se establece un circuito extremo-extremo que se utiliza durante toda la llamada para intercambiar la información entre los abonados A y B.**
- **Cada nodo de conmutación (central telefónica) colabora estableciendo secciones del circuito extremo-extremo.**
- **Las distintas secciones del circuito pueden ser de muy distintas naturalezas: par de cobre (conexión galvánica), enlace de radio FDM analógico, enlace de radio TDM digital, redes de datos en que se establece un circuito virtual ...**
- **La existencia de un circuito dedicado a la comunicación mientras ella esté establecida, garantiza baja probabilidad de pérdida de información.**

Características de la conmutación de paquetes:

- La conmutación se realiza en forma distribuida en los múltiples dispositivos (routers, servidores) que conforman la red de datos IP
- En una llamada telefónica, la voz se “paquetiza” en múltiples bloques de datos que contienen muestras digitales de la voz de cada uno de los interlocutores
- Cada paquete contiene muestras de la información que intercambian los abonados A y B y además información de direccionamiento, con indicación de los dispositivos de origen y de destino, que es utilizada por los routers para encaminar los paquetes hasta sus destinos.
- Los paquetes correspondientes a la información de una misma comunicación pueden seguir caminos diferentes
- La probabilidad de que se pierda información o que llegue retrasada es mayor que en la conmutación de circuitos.

4.- CARACTERISTICAS Y FUTURO DE LA RED TELEFONICA TRADICIONAL

- **Es una red de cobertura internacional, que llega hasta los últimos poblados en todo el planeta**
- **En Chile y en la mayoría de los países del mundo está 100% digitalizada, salvo en el último tramo de la red (bucle de cobre)**
- **Como la telefonía tradicional utiliza la tecnología de conmutación de circuitos proporciona comunicaciones de muy alta calidad.**
- **Lentamente la PSTN se ha ido integrando con redes de telefonía IP, porque estos nuevos servicios requieren de la excelente cobertura mundial que proporciona la telefonía tradicional.**

- **La telefonía IP avanza rápidamente y ofrece ventajas en cuanto a disminuir las inversiones en nodos de conmutación.**
- **Esta situación ha detenido el desarrollo de la red PSTN. La situación actual es que no se están desarrollando nuevos servicios y realizando el mínimo de ampliaciones en las instalaciones de la PSTN, salvo en lo que se refiere a la red externa, la que además de dar soporte a los servicios propios de la PSTN, sigue siendo soporte de acceso para usuarios fijos de otras redes, como lo es el acceso ADSL a Internet.**
- **Como ejemplo ver el artículo en la transparencia siguiente.**

AT&T asks FCC to set date to scrap old phone system

Circuit switched telephone systems 'relics of a by-gone era'

by Sinead Carew, Reuters

Thu. December 31, 2009

NEW YORK (Reuters) - AT&T Inc told U.S. telecoms regulators that it should set plans for phasing out older telephone networks if the government wants to make high-speed Internet access available across the country. **AT&T, the original U.S. phone operator, described older voice-based "circuit switched" telephone systems and service as "relics of a by-gone era" in a filing with the Federal Communications Commission dated December 21.**

It said that the government's goal of 100 percent broadband Internet access is in reach only if resources are moved away from "plain-old telephone service", known in the industry as POTS and the Public Switched Telephone Network (PSTN).

Otherwise "Congress's goal of universal access to broadband will not be met in a timely or efficient manner if providers are forced to continue to invest in and to maintain two networks," AT&T said in the filing.

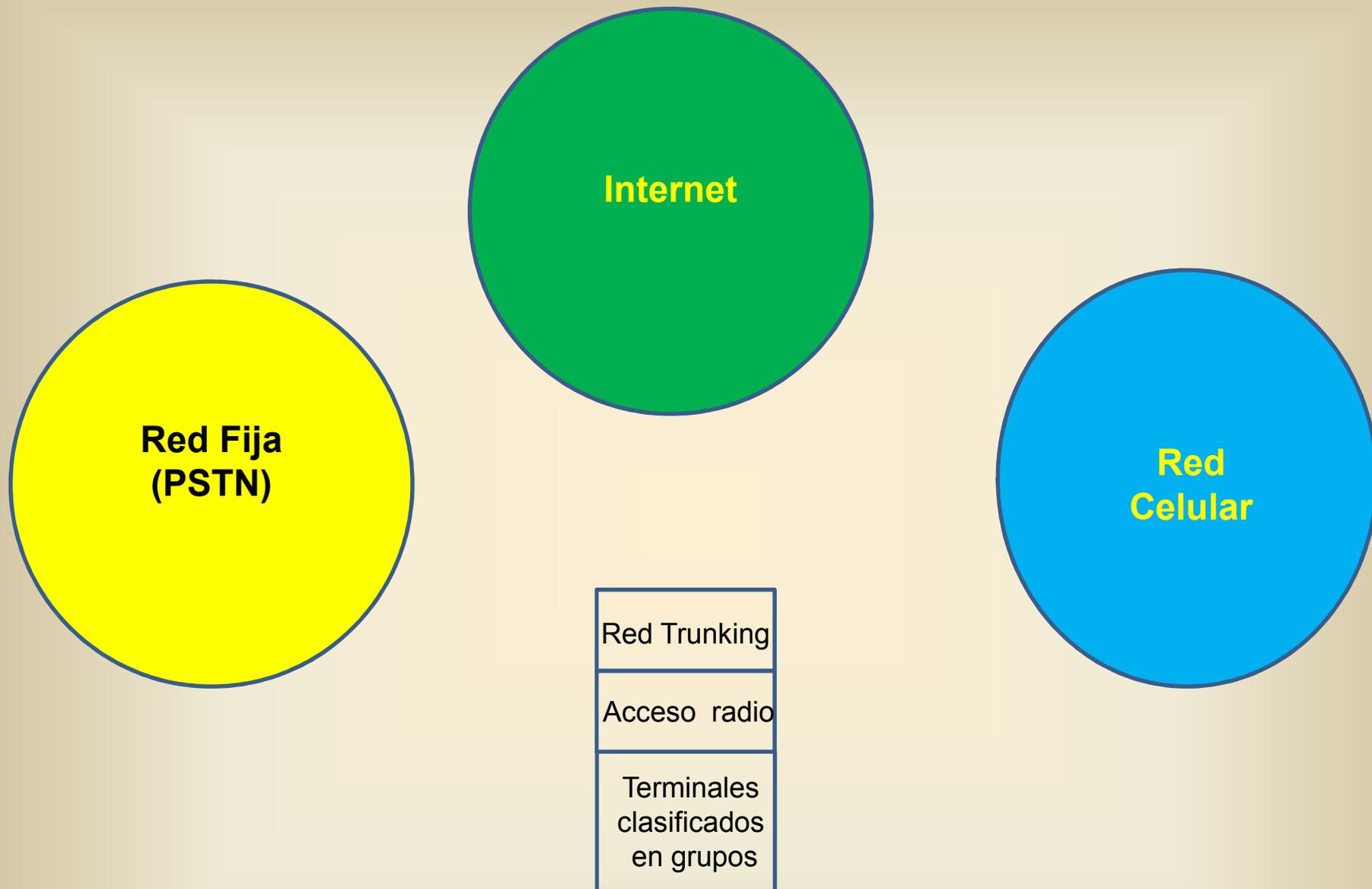
"Due to technological advances, changes in consumer preference, and market forces, the question is when, not if, POTS service and the PSTN over which it is provided will become obsolete," AT&T said.

More than 90 percent of the population has access to broadband, according to AT&T the country's biggest operator with expected 2009 revenue of about \$123 billion. It said that phone companies will continue to work to cover the rest of the country, but will need some encouragement from regulators.

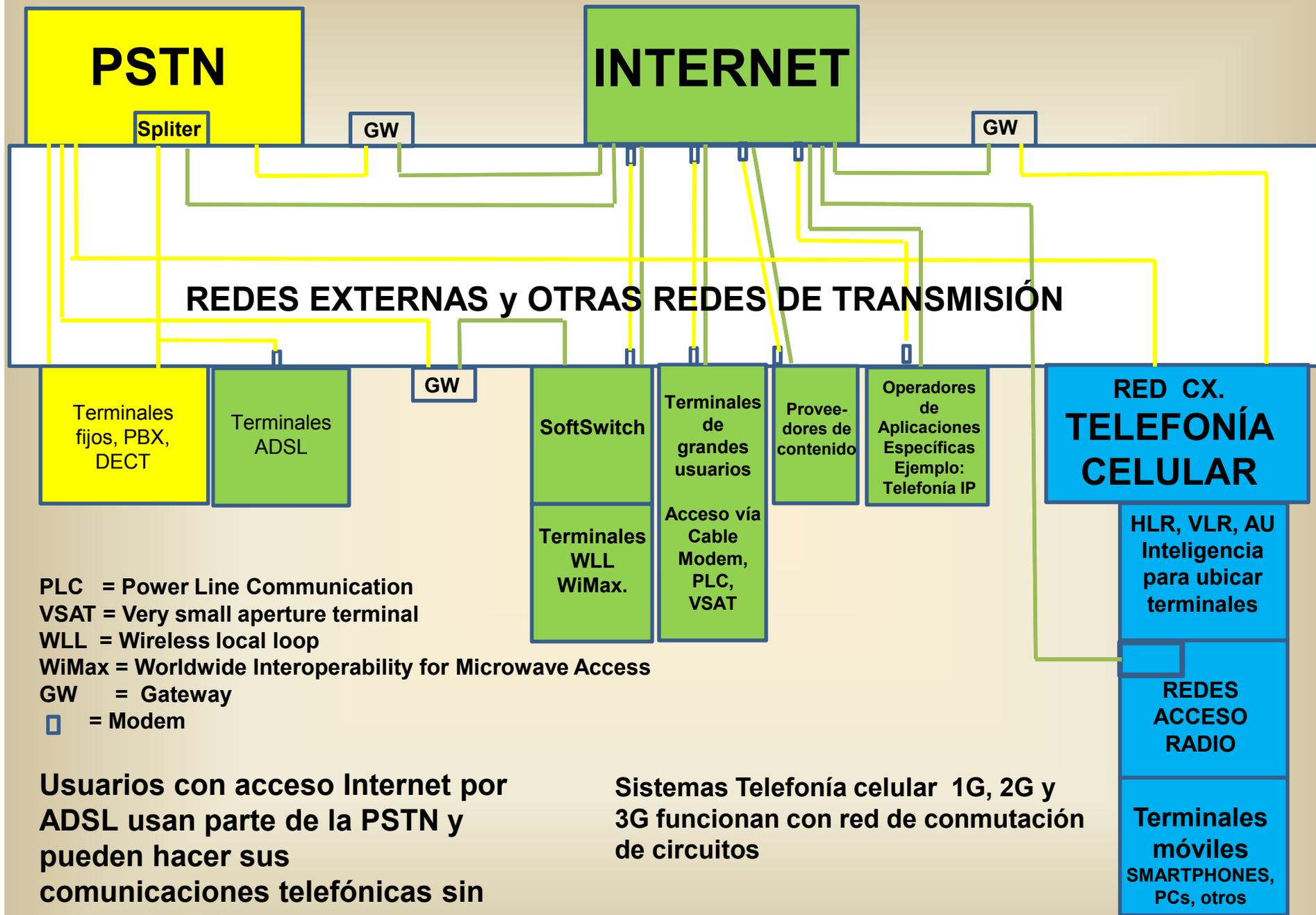
AT&T was created in the late 19th century to build a communications network that would stretch across the United States, and became the dominant U.S. phone company.

It has gone through multiple changes since then, including a breakup in the 1980s, but remains the largest U.S. telephone company by revenue.

5.- INTERFUNCIONAMIENTO DE LAS GRANDES REDES PÚBLICAS PARA SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES



Trunking: Todos los terminales están siempre conectados a través del circuito de control (datos por paquetes) Si un terminal presiona Push to Talk, el sistema asigna frecuencia a ese usuario y enciende la recepción en esa frecuencia a todos los usuarios del grupo



PLC = Power Line Communication
 VSAT = Very small aperture terminal
 WLL = Wireless local loop
 WiMax = Worldwide Interoperability for Microwave Access
 GW = Gateway
 □ = Modem

Usuarios con acceso Internet por ADSL usan parte de la PSTN y pueden hacer sus comunicaciones telefónicas sin usar la PSTN

Sistemas Telefonía celular 1G, 2G y 3G funcionan con red de conmutación de circuitos