



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**"TELEFONIA DIGITAL Y REDES DIGITALES DE
SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI).
PRINCIPIOS DE LA TELEFONIA DIGITAL."**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
PRESENTA
VICTOR HUGO ARELLANO CARDIEL**

ASESOR: ING. JOSE LUIS RIVERA LOPEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR, M.
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES CUAUTITLAN



DR. JAIME KELLER TORRES
 DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
 PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Telefonía Digital y Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSI)
"Principios de la Telefonía Digital"

que presenta el pasante: Victor Hugo Arellano Cardiel.
 con número de cuenta: 7907606-1 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlan, Edo. de México, a 27 de AGOSTO de 19 97

MODULO:
I Y III
IV
II

PROFESOR:
Ing. José Luis Rivera López
Ing. Blanca G. de la Peña Valencia
Ing. Vicente Macaña González

FIRMA:

DEP/VOD/SEN

DEDICO ESTE TRABAJO

A MIS PADRES Y HERMANOS

Por su cariño y apoyo durante todo este tiempo, ya que sin el, no hubiera sido posible.

A TODOS MIS AMIGOS Y AMIGAS

Que durante toda mi vida he tenido, y que de una u otra forma, también contribuyeron.

A MI ASESOR

Y Profesores que me guiaron a lo largo de mi formación.

A MIS COMPAÑEROS

De carrera y del Centro de Computo de la Facultad, por su gran apoyo.

A TI

Por que fuiste y seguirás siendo mi inspiración.

ÍNDICE:**TELEFONÍA DIGITAL**

| | PAG. |
|--|-------------|
| Prefacio | i |
| I INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA DIGITAL | 1 |
| I.1 Historia de la telefonía | 1 |
| I.2 Transmisión digital | 17 |
| I.3 Señal analógica y digital | 17 |
| I.4 Porque la transmisión digital | 19 |
| I.5 Modulación de pulsos codificados | 21 |
| I.5.1 Muestreo | 21 |
| I.5.2 Filtro Pasa Bajas (Anti-aliasing) | 22 |
| I.5.3 Cuantización | 24 |
| I.5.4 Codificación | 29 |
| I.5.5 Decodificación e integración | 30 |
| I.6 Codificación de Bits | 31 |
| I.6.1 No retorno a cero (NRZ) | 32 |
| I.6.2 Inversión de Marcas Alternas (AMI) | 32 |
| I.6.3 Alta Densidad Bipolar Exceso 3 (HDB3) | 33 |
| II TELEFONÍA DIGITAL | 35 |
| II.1 Multiplexación por División de Tiempo | 36 |
| II.1.1 Por qué la multiplexación? | 37 |
| II.1.2 Multiplexación por División de Tiempo | 37 |
| II.1.3 Estructura de la trama de 32 canales | 39 |
| II.1.4 Estructura de la trama de 24 canales | 40 |
| II.1.5 Sistemas PCM de alto orden | 42 |
| II.2 Sincronización | 43 |
| II.2.1 Sincronización de bits | 43 |
| II.2.2 Sincronización de la trama | 44 |
| II.2.3 Sincronización de la red | 46 |
| II.3 Portadoras para información digital | 49 |
| II.3.1 Cable multipar | 49 |
| II.3.2 Cable coaxial | 49 |
| II.3.3 Fibra óptica | 50 |
| II.4 Conmutación digital | 52 |
| II.5 Evolución de la red telefónica | 52 |
| II.5.1 Red telefónica analógica | 52 |
| II.5.2 Red telefónica híbrida | 53 |
| II.5.3 Red digital integrada | 54 |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| II.6 Señalización en un ambiente analógico MFC | 55 |
| II.6.1 Señalización de línea | 55 |
| II.6.2 Señalización de registro | 55 |
| II.7 Señalización en un ambiente digital | 57 |
| II.7.1 Señalización de línea: Señalización por canal asociado (CAS) | 57 |
| II.7.2 Señalización de registro | 57 |
| II.7.3 Señalización por canal común (CCS) | 57 |
| Glosario | 60 |
| Índice de Figuras | 62 |
| Conclusiones | 63 |
| Bibliografía | 64 |

PREFACIO:

En el presente trabajo se hace una breve descripción de los principios básicos de la telefonía digital.

El trabajo consta de dos partes: La primera parte llamada Introducción a la Telefonía Digital, contiene además de una breve historia de lo que ha sido la telefonía en México, desde sus inicios. Continuando con los conceptos básicos necesarios para el tratamiento de una señal. Comenzando con una comparación entre una señal analógica y una señal digital, así como el por que de la conveniencia de transmisión digital.

La segunda parte, llamada Telefonía Digital, menciona ya los términos propios de la telefonía digital, como la TDM (Modulación por División de Tiempo), estructura de la trama tanto de 32 como de 24 canales, sincronización; tanto de bits, de trama y de la red.

Menciona también las diferentes portadoras de la información digital, como: el cable multipar, el cable coaxial y la fibra óptica. Se muestra gráficamente la evolución de la red telefónica, los principios de conmutación digital.

Finalizando con una breve mención de lo que es la señalización, tema bastante extenso que es tratado en otro trabajo.

I INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA DIGITAL

I.1 HISTORIA DE LA TELEFONÍA

Los orígenes de la telefonía

El descubrimiento de la electricidad, y su aplicación a las máquinas, representó un nuevo y enorme avance que tuvo repercusiones inmediatas en el ámbito científico y tecnológico.

Las comunicaciones debían adaptarse a ese universo socioeconómico cambiante. Las nuevas relaciones que el progreso imponía a los seres humanos exigían nuevos tiempos.

La primera respuesta a esta necesidad fue la invención del telégrafo eléctrico, desarrollado entre 1830 y 1844, que hizo posible que la transmisión de mensajes adquiriera una rapidez insospechada para entonces, con lo que en buena medida se desplazó la utilización del servicio postal.

El aumento de productividad -y por lo tanto de riqueza- agilizó las operaciones financieras y las transacciones comerciales. Éstas empezaron a exigir comunicaciones cada vez mejores y más rápidas. Al gran avance obtenido con el telégrafo se oponía la necesidad de un contacto más personal, más directo.

En 1680 el sacerdote francés Gauthey propuso a la Academia de Ciencias de París un sistema de transmisión de la voz humana mediante tubos acústicos.

A partir de entonces, en forma sucesiva, Robert Hooke, Joseph Henry, Michael Faraday, Charles Buoesel y Antonio Meucci, por mencionar algunos científicos destacados, llevaron a cabo investigaciones en este campo y realizaron importantes avances teóricos en el

estudio de la reproducción eléctrica de la palabra hablada, pero sin llegar a resultados definitivos.

En 1860 el alemán Philipp Reis inventó un aparato al que denominó teléfono, del griego "hablar a lo lejos", con el cual logró transmitir sonidos durante breves intervalos de tiempo. Años más tarde, en Estados Unidos de Norteamérica, dos científicos, trabajando de manera independiente, culminaban las investigaciones sobre ese viejo anhelo: el aparato que permitiera, por fin, a dos personas comunicarse directamente a viva voz, trascendiendo las distancias.

Alexander Graham Bell y Elisha Gray dieron a conocer de manera casi simultánea su invención, el teléfono, y durante cierto tiempo disputaron muy acerbamente su paternidad, que fue atribuida a Bell por decisión judicial, tras el minucioso análisis de datos y documentos que revelaron su prioridad.

El escocés Alexander Graham Bell inició sus investigaciones en 1871, mientras se desempeñaba en Quebec como maestro de sordomudos. Cuatro años más tarde fabricó su primer aparato bajo un sistema muy elemental.

Asociado con Thomas Sanders y Gardiner G. Hubbard, quienes lo apoyaban económicamente, registró el 6 de marzo de 1875 su primera patente, bajo el título "Mejoramiento de transmisores y receptores para telégrafos eléctricos". Menos de un año más tarde, el 14 de febrero de 1876, registró otra, ésta bajo el nombre de "Mejoras a la telegrafía".

A pesar de los logros ya obtenidos, Bell continuó incesantemente sus investigaciones tratando de perfeccionar la transmisión de la voz humana. "Los ensayos, inacabables, culminan el 10

de marzo de 1876 cuando, en su deseo de reforzar las débiles señales audibles por su ayudante, ocurresele aumentar la densidad de la pila eléctrica con la cual opera. Al agregarle ácido sulfúrico, parte del líquido se derrama y alcanza a quemarle la pierna. Solicita ayuda a su colaborador; Watson se asombra al advertir que el llamado le llega con insólita claridad: Mr. Watson, come here, I want you [Señor Watson, venga aquí, lo necesito]. Un grito de júbilo completa la escena en la casa de la Plaza Exeter de Boston: "He oído todas sus palabras claramente". La patente 178399, "Receptores telegráficos telefónicos", es registrada en su solicitud el 8 de abril de 1876, y le es concedida el 6 de junio siguiente".

La voluntad de Bell por dar a conocer su invento no disminuyó. El 10 de mayo de 1876 presentó ante la Academia de Artes y Ciencias de Boston los fundamentos científicos y expuso demostraciones palpables de su sistema, ante la admiración de todos los presentes. Lord Kelvin, el gran físico escocés, señalaría: "Con proyectos algo más modernos y aparatos más potentes, podemos estar seguros de que el señor Bell nos facilitará los medios de oír la voz y la palabra, a través de un hilo eléctrico, a cientos de millas de distancia".

El 12 de febrero del año siguiente Bell llevó a cabo la primera comunicación de larga distancia, al charlar telefónicamente desde Boston, a través de una línea telegráfica, con un periodista que estaba en Salem, a 25 kilómetros de allí.

Un año después se inició la comercialización cuando George W. Coy construyó en New Haven la primera central telefónica, con una veintena de clientes. Así surgió la Bell Telephone System Co., que posteriormente se convertiría en la National Bell Telephone Company.

No mucho más tarde ingresó a la compañía Francis Blake, quien inventó un nuevo tipo de transmisor que permitía una comunicación bastante más clara.

Éste fue el detonador para que el teléfono adquiriera gran popularidad (después de todo, la Reina Victoria de Inglaterra había comprado uno); el flamante invento invadió las grandes ciudades de Estados Unidos y algunas de América Latina.

En Europa el impacto fue inmediato; en Suecia H. T. Cedergren fundó la Compañía Telefónica General de Estocolmo. En Gran Bretaña se instaló inicialmente una central telefónica, y luego el servicio pasó a ser monopolio gubernamental, situación similar a la que se produjo en Francia y Alemania.

A partir de la difusión del teléfono se sucedieron una tras otra las mejoras técnicas -que aún no se detienen-, entre las que destacan las realizadas tempranamente por Edison, Doolittle, Hunings, Mac Evoy, Pritchett y, por supuesto, Ericsson.

Mientras tanto, como reconocimiento a su invención, Bell recibió el premio Volta, dotado de 50 mil francos, y creado en homenaje al ilustre físico italiano, pionero de la investigación en el campo de la electricidad. Destinó esa cantidad, importantísima en la

época, a la investigación de la sordera congénita, mal que era muy común en Nueva Inglaterra.

Posteriormente inventó el fotófono (que transmitía el sonido por medio de variaciones luminosas), la balanza de inducción para localizar objetos metálicos (que se empleó para encontrar la bala que estaba poniendo fin, lentamente, a la vida del presidente norteamericano Garfield), y un audiómetro.

A partir de entonces el avance no ha cesado. El teléfono ha cambiado radicalmente los servicios, el comercio, la defensa y seguridad de las naciones, la cotidianidad misma del ser humano, que vio cumplido al fin el sueño de sus remotos antepasados: rebasar con su voz las distancias.

Las primeras líneas telefónicas

Desde que surgió a la vida independiente, México buscó las bases que le permitieran hallar el camino de su desarrollo.

En razón de las concesiones que el gobierno otorgó a compañías extranjeras, la década que transcurrió entre 1877 y 1887 registró un significativo desarrollo de las comunicaciones, a tal grado que se construyeron en promedio 700 kilómetros de vías férreas por año, la red telegráfica creció de 9,000 a 40,000 kilómetros y se inauguró la Compañía Transatlántica Mexicana.

Dentro de este contexto, el 13 de marzo de 1878 se efectúa el primer enlace telefónico entre la ciudad de México y la población de Tlalpan, con la consiguiente admiración popular, ya

que se logró comunicación a una distancia de 16 kilómetros. Nueve meses después se estableció oficialmente el servicio telefónico al otorgársele un permiso a la Alfred Westrup & Co. para que instalara una red que uniera a las comisarías de policía, que para aquel entonces ascendían a seis, con la Inspección General, la oficina del gobernador de la ciudad y el Ministerio de Gobernación.

En 1881 el señor Greenwood, empresario estadounidense, obtuvo del general Díaz, entonces secretario de Fomento, la concesión para instalar una red telefónica en la ciudad de México, para lo cual se inició el tendido del cableado público, lo que nuevamente ocasionó la protesta de los habitantes capitalinos, quienes se inconformaron y manifestaron que los postes y alambres colocados perjudicaban el buen aspecto de la ciudad. Finalmente, tras detalladas explicaciones sobre la utilidad del nuevo aparato, se logró que se aceptara la instalación del cableado.

Al año siguiente el señor Greenwood obtuvo nuevas concesiones para expandir el servicio telefónico, las que consideró pertinente vender con todos sus derechos y obligaciones a la Compañía Telefónica Continental. En abril se constituyó la primera empresa en territorio nacional, con el nombre de Mexican National Bell Telephone. Sin embargo ésta jamás llegó a dar servicio alguno, debido a los conflictos derivados de los diversos intereses para ofrecer el servicio telefónico, ya que México se convertía vertiginosamente en un mercado favorable para los inversionistas extranjeros, por las facilidades promovidas por el gobierno mexicano.

El surgimiento empresarial telefónico

A raíz del problema que se presentó entre los diferentes inversionistas que deseaban prestar el servicio telefónico, las partes involucradas en el conflicto decidieron asociarse con la Compañía Telefónica Mexicana, conocida como Mextelco, empresa que se sustentaba técnica y financieramente en la Western Electric Telephone Company. El 18 de julio de 1882 se firmó el contrato constitutivo de la nueva empresa, en la cual figuraban como socios los señores George Lea Sanders, Thomas A. Watson, M. L. Greenwood y Emilio Berlín; las oficinas quedaron instaladas en la calle de Santa Isabel número 6 1/2, lugar donde hoy se encuentra el Palacio de Bellas Artes.

Desde finales de ese año se hacían esfuerzos por lograr comunicaciones telefónicas más allá de nuestras fronteras; un intento importante se produjo el 24 de diciembre, al buscar el enlace entre Veracruz y Nueva York. La telefonía mexicana logró trascender el territorio nacional al año siguiente, cuando se realizó la primera conferencia telefónica internacional entre la ciudad de Matamoros, Tamaulipas, y la ciudad de Brownsville, Texas. El triunfo obtenido constituyó el eslabón inicial de una larga cadena de éxitos en lo que a la telefonía mexicana se refiere. Prueba de ello es que a partir de este año, 1883, se inician las construcciones de vías subterráneas y de ductos para los conductores telefónicos, así como la instalación de mayor cantidad de postes por parte de la Compañía Telefónica Mexicana.

Mientras tanto, la recién creada Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas le otorga a la Compañía Telefónica Mexicana una concesión para instalar el servicio público telefónico

en las ciudades de México, Puebla, Oaxaca, Guadalajara y Veracruz, no obstante que no obtendría su registro legal sino hasta el año de 1892.

La difusión y empleo del teléfono empezó a cobrar auge, a pesar de que la cuota de inscripción era de 5.50 pesos mexicanos, lo que la hacía poco accesible si se considera que el salario mínimo general era de 0.24531 pesos. Para 1888 la cantidad de abonados ascendió a ochocientos, hecho que obligó a la compañía a editar el primer directorio telefónico;

Debido a la exposición a la intemperie los alambres telefónicos sufrían continuos desperfectos que provocaban mala calidad de las transmisiones; la llegada de los conductores aislados, en 1894, permitió corregir esas anomalías e iniciar un negocio por demás productivo: la sustitución del alambre por cable. A partir de ese momento las mejoras técnicas, tanto en el aparato telefónico como en la infraestructura que permite la prestación del servicio, fueron constantes; comenzó a usarse el circuito metálico de dos hilos conductores y al año siguiente se introdujo el conmutador múltiple completo o metálico, con capacidad hasta de dos mil líneas, mil de ellas para uso inmediato, lo que representó un gran esfuerzo por parte de la Compañía Telefónica Mexicana.

Con el deseo de atraer clientela, la Compañía Telefónica Mexicana editó en ese mismo año, en su directorio, la primera "sección clasificada", y contrató operadoras que dominaran el idioma inglés, para atender mejor a los suscriptores extranjeros.

El año de 1895 se caracterizó por los sismos y los continuos conflictos que afectaron seriamente el servicio telefónico; los primeros hicieron necesaria la reparación de 400 aparatos y la reposición de 300 conductores de estilo "antiguo" (con diez años de uso), lo

que no impidió establecer el servicio de larga distancia de Tacubaya a Tlalpan. Los conflictos se debieron al progreso que experimentaron los tranvías ciudadanos, que supuso un grave inconveniente para la Compañía Telefónica, ya que las corrientes fugadas de los rieles producían corrosiones electrolíticas que afectaban el cableado subterráneo y, más aún, llegaron a producirse cortocircuitos entre los conductores telefónicos no aislados y los cables de los tranvías.

Pronto la utilidad del teléfono superó su precio, por lo que el público se vio cada vez más dispuesto a adquirir sus servicios, sobre todo en 1899, cuando se introdujeron dos innovaciones: el teléfono de extensión y el servicio telefónico de veladores. Éste último consistía en que los vigilantes nocturnos realizaban llamadas desde sus respectivos puestos; el mensaje se recibía en la central, donde las operadoras llevaban un registro que pasaban posteriormente a los interesados.

Así mismo se comenzaron a utilizar los aparatos de escritorio, tipo "candelero", con una cuota de \$ 2.50 mensuales por servicio extra.

El año de 1903 marcó un nuevo hito en la historia de la telefonía en México, ya que la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas otorgó una concesión por 30 años al señor José Sittenstättner para la explotación del servicio telefónico en la capital y alrededores.

Posteriormente, el empresario se relacionó con la L. M. Ericsson de Estocolmo e invitó a la Compañía a comprar la concesión, Alexander Bostrom, presidente de la L. M. Ericsson, consideró por demás ventajoso tener una compañía filial en México, pues sería el vehículo de entrada al mercado latinoamericano. Se concretó el traspaso de la concesión el 19 de

abril de 1905 e intervino, como representante legal de la compañía sueca, el cónsul general de ese país en México, señor José Brier.

El 18 de febrero de 1905 la Compañía Telefónica Mexicana aumentó su capital y modificó su razón social para llamarse desde entonces Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S. A.

La Empresa de Teléfonos Ericsson, S.A., nombre que adquiere en México la filial de la matriz sueca Mexikanska Telefonaktiebolaget Ericsson, inauguró su servicio el 1 de octubre de 1907 con 300 suscriptores, y para fines de ese año contaba ya con 650.

En ese año se instaló el sistema telefónico de energía central y se desechó el anticuado de batería y magnetos, que se utilizó en las centrales menores.

El conflicto revolucionario

Las ideas de democracia y libertad política de Madero cayeron en tierra fértil. La Revolución Mexicana, al estallar, pone a temblar de inmediato los planes de desarrollo de todos los sectores económicos de la vida nacional, y las empresas telefónicas no fueron la excepción, a pesar de que el perjuicio que les generó la lucha armada fue mínimo en comparación con la magnitud del que afectó a la telegrafía y al ferrocarril. En efecto, en 1911, a punto de caer el régimen dictatorial de Díaz, la empresa Ericsson construye las

líneas que van a Tlalnepantla y a Cuautitlán, con lo que se inicia el servicio interurbano; asimismo, se importan de Alemania postes de acero de 20 a 24 metros, para ser instalados en las colonias Roma y Juárez.

Bajo la presidencia de Madero la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana obtuvo una concesión de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas para explotar el servicio telefónico entre la ciudad de México y Toluca. Se establecía que el gobierno tendría preferencia respecto de los particulares para hacer uso gratuito de la comunicación telefónica a fin de tratar asuntos oficiales, con las respectivas restricciones que de antemano se estableciesen.

Las compañías telefónicas frenaron el ritmo de crecimiento que venían sosteniendo, no sólo por los sucesos revolucionarios, sino también -y quizás habría que señalar que fue la causa principal-, por los acontecimientos que convulsionaron a Europa: el inicio de la Primera Guerra Mundial. En 1914 los materiales telefónicos escaseaban, ya que la materia prima con la que se fabrican en Europa y Estados Unidos se destinó a la fabricación de armamentos.

La compañía Ericsson logró protegerse de los acontecimientos nacionales gracias a las gestiones realizadas por el coronel sueco Thord Hallstrom, miembro del estado mayor del general Villa. Pero en el ámbito internacional la guerra acarreó como consecuencia el aumento de precio de los materiales. A la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana se le intervino el servicio el 6 de enero de 1915, pues los conflictos laborales se agudizaron tanto que el gobierno embargó las redes de la empresa. Esta situación tardaría diez años en resolverse.

De conformidad con la nueva Constitución, el gobierno emitió una ley que incrementaba el monto de los impuestos, incluido el que gravaba al servicio telefónico, y que habría de suprimirse en 1920.

El sistema telefónico automático

En el plano internacional el fin de la Primera Guerra Mundial, en la que México mantuvo la neutralidad, permitió que se reanudaran las investigaciones científicas y tecnológicas. En el ámbito de las telecomunicaciones, y en especial en el de la telefonía, se planeaba la utilización de las comunicaciones eléctricas con ondas portadoras.

Esto tuvo una repercusión inmediata en nuestro país; la compañía Ericsson, que había obtenido ya 32 concesiones para establecer líneas telefónicas de servicio público y privado, que cubrieron una longitud de 993 kilómetros, adquirió dos estaciones portátiles inalámbricas marca Telefunken, que permitían la comunicación a 200 kilómetros. Resolvió entonces introducir a México el sistema telefónico automático, que sería inaugurado años después.

La telefonía automática iría sustituyendo gradualmente al sistema de operadoras. Como el enlace requerido para conectar a dos suscriptores de la red urbana se efectúa por dispositivos electromagnéticos y mecánicos, este sistema era capaz de retener en un registro cualquier número que se marcara en el disco del aparato. La información contenida en los

números telefónicos se traducía en impulsos eléctricos que pasaban a los selectores, los cuales hacían los enlaces de la intercomunicación.

En 1924 la compañía Ericsson inauguró la primera central telefónica automática, conocida como la central Roma, que entraría en funciones dos años después, con capacidad para conectar diez mil líneas.

La telefonía automática revolucionó el mundo de las telecomunicaciones, e hizo necesario dar capacitación al personal técnico.

Con la adquisición de la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S. A., por parte de la ITT, la empresa tomó un nuevo impulso que le permitió competir en un mismo nivel con la compañía Ericsson. Las redes telefónicas crecieron de tal manera por el aumento del número de suscriptores, que hubo que encontrar la forma de distinguir los teléfonos de cada compañía. Se decidió que la Ericsson utilizara exclusivamente dígitos, mientras que la otra compañía usaría dígitos y letras, por lo que los discos de sus aparatos tenían los siguientes símbolos: A-1, F-2, H-3, J-4, L-5, M-6, P-7, Q-8, X-9 y Z-0. Ambas compañías tenían capacidad para numerar del 10,000 al 99,999, incluyendo, entre otros, los números reservados para pruebas, servicios especiales y propósitos técnicos.

Enlace internacional

El reto de reconstruir el país dependía en gran medida del impulso que se le diera al desarrollo de las comunicaciones. El 10 de marzo de 1925 el recién designado secretario de

Comunicaciones y Obras Públicas, ingeniero Eduardo Ortiz, con la representación del gobierno federal, celebró el convenio para tender el cableado telefónico entre México y Estados Unidos. Ese mismo año la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A., obtuvo la concesión para explotar el servicio de larga distancia, que sería concedida a su vez a la compañía Ericsson un año más tarde.

El despegue del servicio de larga distancia fue inmediato. Por lo que respecta al servicio nacional, en poco tiempo se interconectó a la capital con las ciudades de San Luis Potosí, Puebla, Tampico, Saltillo y Monterrey. El 29 de septiembre de 1927 la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S. A., enlazó la primera conferencia telefónica entre un presidente mexicano, el general Plutarco Elías Calles, y uno norteamericano, Calvin Coolidge. La histórica llamada se realizó a las 16:30 horas, tiempo de México, durante una ceremonia en el Palacio Nacional, a la que asistieron los miembros del cuerpo diplomático norteamericano y altos funcionarios de la compañía. En la conversación ambos mandatarios hicieron hincapié en la facilidad con que era posible comunicarse gracias a la telefonía, y en las ventajas que ésta representaba para el mejoramiento de las relaciones entre ambos países. Poco después, el 29 de noviembre, se inauguró la línea telefónica entre México y Canadá.

El 1 de julio de 1928 tuvieron éxito los esfuerzos por lograr una comunicación telefónica con Europa. “Señor Valenzuela: habla Estrada. Tengo mucho gusto en saludarlo”. Éstas serían las primeras palabras transmitidas entre México y Europa, a una distancia de más de diez mil kilómetros. El sistema consistía en una combinación de líneas telefónicas de tierra y circuitos radiotelefónicos a través del Atlántico. La conversación se inició entre el

licenciado Genaro Estrada, subsecretario de Relaciones Exteriores, y el licenciado Valenzuela, ministro plenipotenciario en la Gran Bretaña. Una vez más la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S. A., participaba en forma directa.

En el servicio telefónico transoceánico quedarían incluidas las siguientes ciudades mexicanas: Distrito Federal, Querétaro, San Luis Potosí, Saltillo, Monterrey, Tampico y Nuevo Laredo, localidades que se podrían comunicar, en Europa, con Inglaterra, Escocia, Gales, Alemania, Holanda, Bélgica, Francia, Suecia y Dinamarca. Con España se entraría en contacto el 30 de noviembre.

En un diario de la época se señala que, por el momento, este servicio de larga distancia se limitaría de las 6:30 a.m. a las 10:00 p.m., hora de México, y que, en periodos de congestión, las conversaciones tendrían un máximo de 12 minutos de tiempo efectivo. De los 60 mil aparatos telefónicos instalados, 30 mil se conectaron al servicio internacional.

Hasta esos momentos los únicos países de América con los que se había logrado establecer comunicación telefónica eran Estados Unidos, Canadá y Cuba. No fue sino hasta 1930 cuando, el 3 de abril, se enlazaron Norte y Sudamérica. Fueron la Compañía Internacional de Radio (de Argentina) y la American Telephone and Telegraph Co. (de Estados Unidos) las que, por medio de un circuito, transmisor y receptor, ubicado en los dos extremos del continente, Buenos Aires y Nueva York, conectaron más de 200 mil teléfonos en Argentina, Chile y Uruguay con los de México, Cuba, Estados Unidos y Canadá. Ese mismo día el circuito fue abierto al público sin necesidad de hacer uso de cassetas especiales. Entre las terminales media una distancia de 8.500 kilómetros. Un importante logro técnico es el

tendido de la línea a Santiago de Chile, cruzando la cordillera de los Andes, una de las más altas del mundo.

Mientras tanto, en la ciudad de México se encontraban funcionando las siguientes centrales automáticas, en su mayoría de la compañía Ericsson: Apartado, Chapultepec, Roma, Valle, Coyoacán, Mixcoac, Madrid, Peralvillo, Portales, San Ángel, Condesa, Santa María, Tacubaya y Victoria.

A partir de esta etapa se acelera la competencia entre la L. M. Ericsson y la ITT, y se sientan las bases del posterior incremento de sus conflictos.

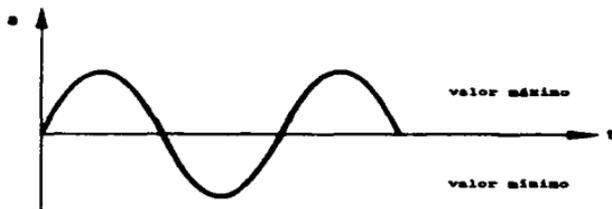
En junio de 1936 el presidente Cárdenas, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, comunicó a ambas compañías que deberían enlazar sus líneas y combinar sus servicios, sustentando su orden en razones de interés público.

1.2 TRANSMISIÓN DIGITAL

1.3 Señal Analógica y Digital

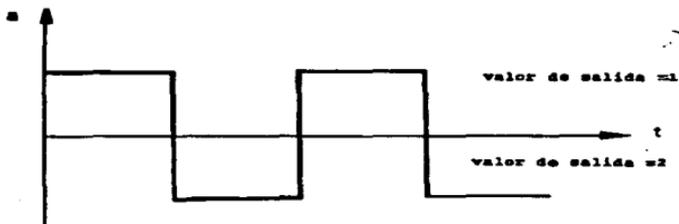
Una señal es llamada analógica si la amplitud puede tener un número infinito de valores.

Fig. 1



Una señal es llamada digital, si puede tener un número limitado de valores. .

Fig.2



Las señales digitales han sido usadas frecuentemente desde 1844. Samuel Morse inventó un código especial para transmitir información. (“SEÑAL” o “NO SEÑAL”). La duración y frecuencia de ciertos valores contiene la información a transmitir.

Un código similar es usado en telegrafía. (5 pulsos “CORRIENTE” o “NO CORRIENTE”) De forma similar en telefonía se usan señales digitales, desde los inicios de la telefonía automática (al inicio del siglo 20).

ejem: señalización de registro: apertura y cierre del circuito (loop) cuando se envían dígitos al marcar. En el lado receptor (central), los números pueden ser detectados dependiendo de la secuencia y duración de los valores de las señales de entrada.

Las señales digitales están frecuentemente representadas por dígitos binarios. Si la señal tiene únicamente dos estados, entonces esto puede ser representado por un dígito binario.

Si se requieren más niveles, se añaden más dígitos.

Estos dígitos serán transmitidos en forma serie.

Cada dígito tiene un cierto peso de acuerdo a las sucesivas potencias de 2 en el sistema decimal.

$1 (= 2^0)$; $2 (= 2^1)$; $4 (= 2^2)$; $8 (= 2^3)$;.....

Usando 8 bits, se puede representar una señal de 256 niveles.

1.4 Por qué la Transmisión Digital ?

Si observamos la figura 3, se vera claramente porque la transmisión digital es preferible a la transmisión analógica.

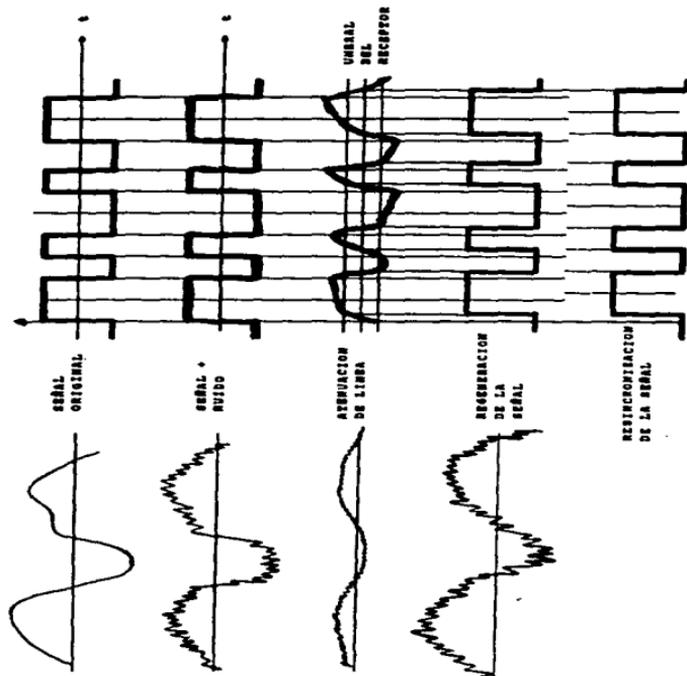
Cuando un ruido se suma a la señal analógica, es difícil de regenerar la señal original.

Una señal digital, podemos fácilmente regenerar la señal original sin pérdida de información u otros inconvenientes, como cruce de voz (diafonía), distorsión, etc. Típicos de la transmisión analógica.

Con la transmisión analógica, los niveles de ruido se incrementan continuamente en proporción a la longitud de las líneas.

La calidad de la transmisión digital es casi independiente de la longitud de las líneas.

Fig. 3 Mejores ventajas de las transmisiones digitales contra las analógicas.



1.5 Modulación de Pulsos Codificados (PCM)

1.5.1 Muestreo

En los sistemas de transmisión de audio, una frecuencia de audio es transportada en forma continua a lo largo de una portadora.

La pregunta es, si esto es realmente necesario para transmitir una señal completa o si la transmisión del valor de la señal en intervalos regulares podría ser suficiente.

Los científicos Nyquist y Shannon, probaron que muestras tomadas en intervalos regulares pueden ser usadas para transmitir una señal de audio.

La ventaja de enviar información con pulsos cortos, es que los tiempos entre dos pulsos sucesivos puede ser usado para enviar información hacia otras señales por el mismo canal de transmisión.

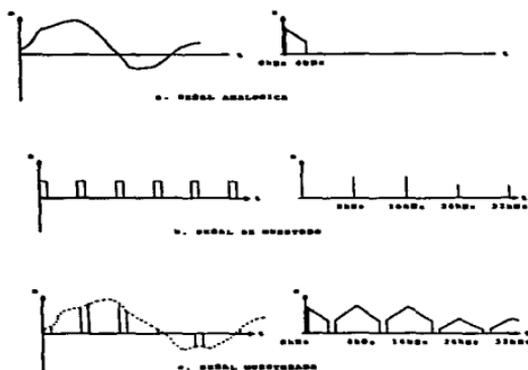
La señal de voz está limitada a un rango de entre 300 y 3400Hz., la señal analógica puede ser escrita como:

$$A \cos(\omega t) \quad (\omega = 2 \pi f)$$

$$\text{con } 2\pi 300\text{Hz} \leq \omega \leq 2\pi 3400\text{Hz}$$

La señal de muestreo (portadora) es una señal pulsante con una frecuencia de 8 Khz.

Fig.4 Señales de entrada y salida del circuito de muestreo.



1.5.2 Filtro Pasa Bajas o Anti-aliasing

En la fig. 4, únicamente es una señal de frecuencia.

Consideremos ahora la banda de frecuencia completa desde 300 hasta 3400Hz. Será posible entonces ver el principal problema de ocurrencia de "aliasing" y la solución de éste (fig. 5).

De la fig. 5.b y c, se puede fácilmente derivar el criterio de muestreo f_s puede ser encontrado de:

$$f_s - f_{\max} = f_{\max}$$

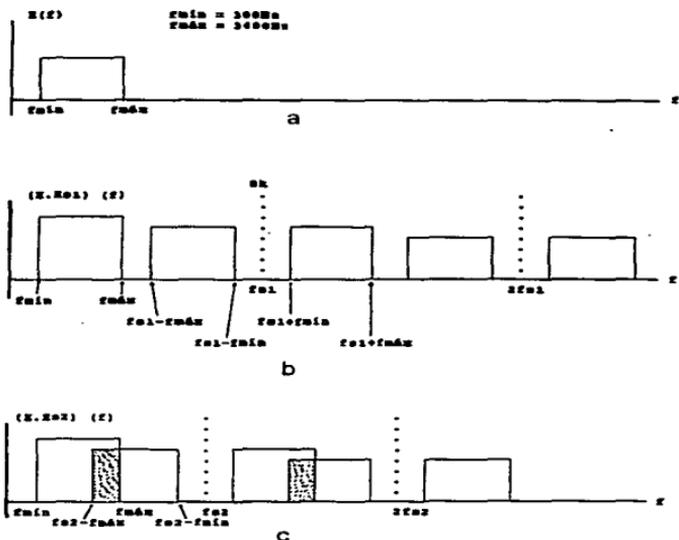
$$\text{ó } f_s = 2 f_{\max}$$

El teorema de Nyquist por tanto especifica que ahí existe una relación entre la frecuencia de muestreo (f_s) y la frecuencia máxima ($f_{m\acute{a}x}$) ocurriendo en la señal de banda de voz de la forma:

$$f_s \geq 2f_{m\acute{a}x}$$

Si $f_s < f_{m\acute{a}x}$, una buena reconstrucción de la señal será imposible.

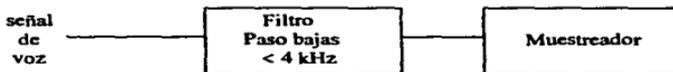
Fig. 5



Para obtener un cierto margen de seguridad, la frecuencia de muestreo para aplicaciones telefónicas ha sido estandarizada a $f_s = 8\text{KHz}$, dando un intervalo de $125 \mu\text{s}$ entre muestras sucesivas.

Antes de muestrear, se deberá estar seguro de que la señal analógica no tiene componente de frecuencia mayor que 4KHz . Esto puede ser realizado insertando un filtro anti-aliasing antes de muestrear.

Fig. 6



1.5.3 Cuantización

La cuantización esta representando la amplitud de una muestra por la amplitud del nivel discreto más cercano.

Para poder usar la transmisión digital, cada valor de la muestra tendrá que ser representado por un código. Dado que el número de códigos es limitado, los valores de la amplitud serán redondeados al valor más cercano, el cual puede representarse por un código.

Hay 2 métodos principales para cuantizar una señal lineal: Cuantización lineal y no lineal.

- Cuantización lineal (fig. 7.a y 7.b)

El rango total de valores de voltaje que pueden ser manejados es subdividido en un número de subrangos de voltaje iguales. Cada subrango corresponde a una combinación de código. En ese momento la codificación de cualquier voltaje situados entre los límites más bajo y más alto de un subrango, es codificado con el mismo código.

En el momento de decodificar, un código es representado por un voltaje correspondiente a la mitad del subrango (nivel de cuantización o quantum).

El resultado es que cierta cantidad de ruido es adicionada a la señal original, esto es llamado ruido de cuantización.

El ruido de cuantización es de hecho la diferencia entre la señal decodificada cuantizada y la señal original.

Este ruido, en caso de cuantización lineal, tiene un cierto nivel dependiendo de los subrangos. Como un resultado de esto, se tiene el mismo ruido insertado tanto para pequeños como para valores altos de entrada. Esto significa que el ruido insertado para señales de valores pequeños tendrá relativamente mucho más importancia que el ruido insertado a las señales de valores altos. Esto significa que la razón señal a ruido (SNR) será peor para las señales pequeñas.

Fig. 7.a

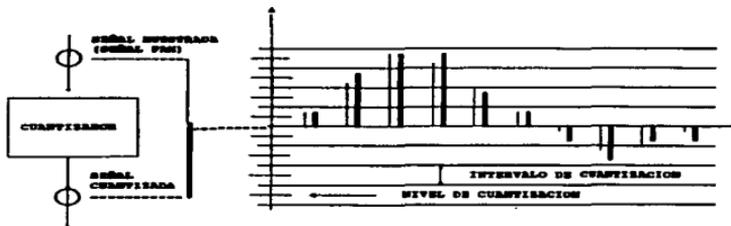
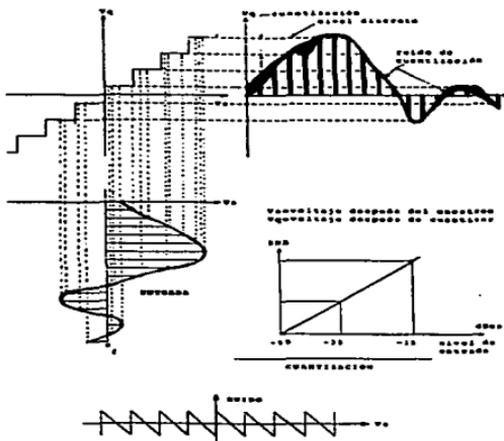


Fig. 7.b

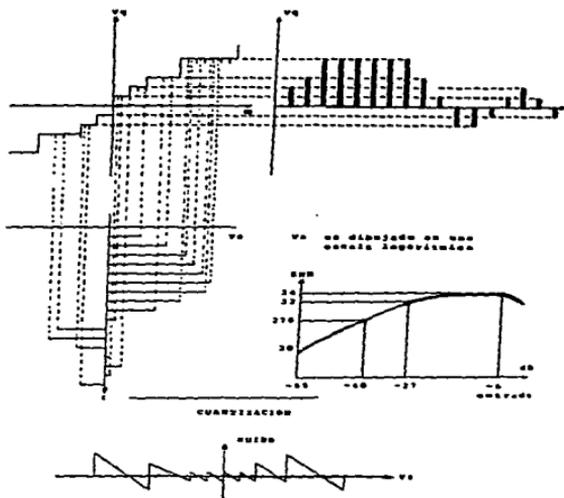


- Cuantización no-lineal (fig. 7.c)

Otra clase de cuantización ha sido encontrada para obtener una razón "señal a ruido", de un valor constante para cualquier nivel de la señal. Los niveles de cuantización tienen que ser seleccionados de un modo logarítmico. Esto significa que se usará una cuantización no lineal.

Es claro que niveles de ruido altos, pueden ser permitidos para señales muestreadas con un nivel alto que para señales con nivel pequeño.

Fig. 7.c



- **Curvas prácticas de cuantización no lineal** (fig. 7.d)

Las curvas logarítmicas, tienen la desventaja de que no pasan a través del origen (curva a).

Hay 2 leyes para resolver este problema:

- 1.- Curva de la ley "A"; estandarizado por CEPT y CCITT, usado en Europa (curva b).

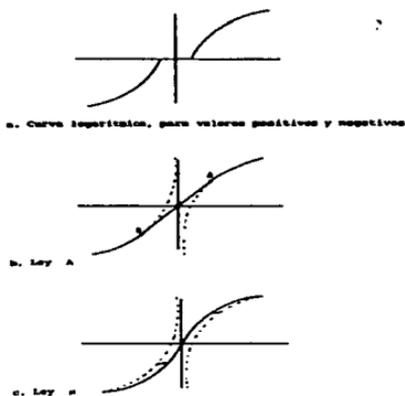
Se utiliza la línea tangente a la curva desde el origen hasta los puntos de tangencia.

- 2.- Curva de la ley " μ "; sistema estandarizado por el North American Bell y CCITT,

obtiene una curva a través del origen al desplazar toda la curva al origen (curva c).

En la practica, las curvas están aproximadas por partes lineales.

Fig. 7.d



1.5.4 Codificación

Después de ser cuantizada, la muestra de entrada, está limitada a 256 valores discretos. La mitad de estas son muestras codificadas positivas, la otra mitad son muestras codificadas negativas. Hay 256 niveles, así que son necesarios 8 bits para codificar todos los niveles. Cada combinación de 8 bits corresponde a un nivel. Para seleccionar cual combinación correspondería con cual nivel, existen diferentes posibilidades.

Los códigos más usados son: código natural y código simétrico.

a) Código natural

Usando el código natural, veremos que el nivel de señal más baja (valor más negativo) corresponderá al código con el peso menor (00000000). De acuerdo al nivel de señal más alto (valor más positivo) corresponderá al código con el peso más alto (11111111).

b) Código simétrico

En este código, los 8 bits están divididos en 2 partes:

1 bit de signo y 7 bits de magnitud. El primer bit (bit de signo) corresponde al signo de la señal.

Cuando el bit de signo es 1, se tiene un valor positivo, cuando el bit de signo es 0, se tiene un valor negativo. Un cierto valor positivo o negativo resultara en un código de 7 bits. La distinción en re ambas señales es hecho por medio del bit de signo.

Este código es el que normalmente se usa.

1.5.5 Decodificación e integración

La cadena de bits entrante, debe ser transformada en una serie de muestras, como la que se tiene después de la cuantización de la señal en el lado transmisor.

Se tiene que tomar en cuenta que es usado el código simétrico en el lado transmisor. Como resultado de esto, cada 8 bits entrantes deben ser divididos en 1 bit de signo y 7 bits de magnitud.

Una muestra será generada. Su amplitud depende de los bits de magnitud y el signo del bit de signo. Después de la decodificación, se convierten de nuevo a las series originales de las muestras cuantizadas.

Estas series de muestras serán transformadas en una señal analógica por el filtro pasa bajas de máximo 4kHz (integración), retirando todas las frecuencias más altas originadas por el muestreo y consecuentemente obteniendo una señal de salida debajo de 4kHz, o la señal original enviada.

Una inspección general de la modulación y demodulación de pulsos codificados es dada en la fig. 8.

Los siguientes códigos son usados frecuentemente: (fig. 9)

1.6.1 NRZ: no retorno a cero

En este código de transmisión un '0' puede ser por una tensión negativa y un '1' por una tensión positiva.

Sin embargo las desventajas son:

- componente de CD largos
- . el bit de reloj no esta presente en la cadena de datos.

Esto será usado normalmente para cortas distancias, con un sistema de distribución de reloj separado por ejemplo, en una central.

1.6.2 AMI: Inversión de marcas alternas

El propósito de este código es de reducir el continuo nivel de CD en la línea a 0 volts.

En este código un '0' será representado por 0 volts y un '1' por un potencial alternado positivo o negativo. Al hacer esto, el promedio de componente CD en la línea, cae a 0 volts.

Por lo que este código es conveniente para largas distancias.

Sin embargo este código tampoco transmite el sistema de reloj.

1.6.3 HDB3: Alta densidad bipolar exceso 3

Este código inserta pulsos de violación cuando más de 3 '0's' llegan sucesivamente. El lado transmisor inserta los pulsos, los cuales pueden ser detectados por el receptor.

El lado receptor eliminará estos pulsos de nuevo.

Los pulsos de violación son insertados dependiendo del número de pulsos que han pasado, y dependiendo del signo del último pulso (después de inserción). El signo del último pulso puede ser positivo o negativo. Los pulsos ha insertarse son:

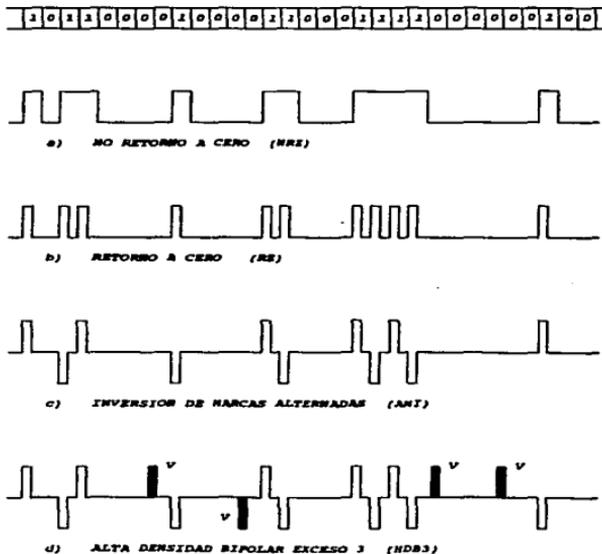
Tabla 1

| | | NUMERO DE PULSOS | |
|--------------|----------|------------------|------|
| | | IMPAR | PAR |
| ULTIMO PULSO | POSITIVO | --- P | N--N |
| | NEGATIVO | --- N | P--P |

Cuando el número de pulsos que han pasado es impar, entonces únicamente el cuarto bit se cambiará a un pulso positivo o negativo. Este pulso es en la misma dirección que el anterior pulso. Esto es necesario ya que de otro modo el receptor no puede detectar este pulso como un pulso de violación. Este principio no puede ser usado cuando ha pasado un número par de pulsos, ya que de otra forma, cuando tenemos una serie muy larga de ceros, se insertarían siempre pulsos en la misma dirección. Esto es peligroso, ya que podría generarse una componente CD. Por esta razón se insertaran 2 pulsos de violación. Uno en la primera

posición de estos 4 ceros y el otro en la última posición. Ambas son en la misma dirección , pero opuestos al último pulso. Si ahora se tiene una larga serie de ceros, se tendrán alternativamente 2 pulsos positivos y 2 negativos.

Fig. 9 Códigos de transmisión



II TELEFONÍA DIGITAL

II.1 Multiplexación por división de tiempo (TDM)

En sistemas de transmisión de audio, una audiofrecuencia es transportada de un modo continuo a través de una portadora

La interrogante era, sin embargo, si era realmente necesario transmitir la señal completa o si la transmisión del 'valor' de la señal a intervalos regulares sería suficiente. (Como se menciona en el punto I.5.1).

Un sistema TDM, es un sistema de transmisión, en el cual un número de comunicaciones están multiplexadas en una portadora al asignar a cada comunicación un espacio específico de tiempo. En el espacio de tiempo asignado, se transmite el "valor momentáneo" (fotografía) de la señal.

Para usar un sistema TDM, cada señal analógica debe prepararse, convirtiendo la señal continua en muestras, generadas a intervalos regulares. Se usará un modulador para generar las muestras (fig. 10).

En el lado de recepción de la portadora, la cadena de bits debe ser demultiplexada.

Esto será realizado por:

- análisis del alineamiento: el canal '0' de la cadena de bits contiene un patrón específico de bits (sincronización del reloj en el lado receptor).
- colocar las diferentes muestras de 8 bits de los canales en registros (buffers) individuales.
- convertir las muestras de 8 bits en las señales analógicas originales.

Un demodulador será usado para generar estas señales analógicas.

II.1.1 Por qué la multiplexación ?

El ahorro del costo en la multiplexación fue enorme, resultando un muy rápido incremento de sistemas de multiplexación.

Otro problema de transmisión fue encontrado primeramente en los años 30s con la introducción de la comunicación a larga distancia. Aunque los amplificadores (repetidores analógicos) permitían a los sistemas de transmisión compensar la atenuación, las transmisiones a larga distancia eran aún de muy mala calidad.

Esta mala calidad fue causada por la transmisión de ruido adicionada en la comunicación. Al combinar nuevas técnicas de multiplexación, la multiplexación por división de tiempo y el uso de transmisión digital (en la cual cada muestra de voz fue representada por un código binario), nació la telefonía digital.

II.1.2 Multiplexación por División de Tiempo

Un sistema TDM, es un sistema de transmisión, en el cual un número de comunicaciones están multiplexadas en una portadora al asignar a cada comunicación un espacio específico de tiempo.

En el lado de recepción de la portadora, la cadena de bits debe ser demultiplexada.

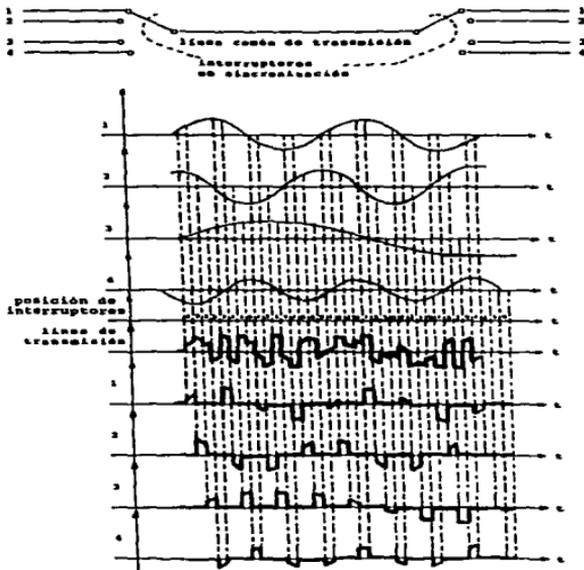
Esto será realizado por:

- análisis del alineamiento: el canal '0' de la cadena de bits contiene un patrón específico de bits (sincronización del reloj en el lado receptor).

- colocar las diferentes muestras de 8 bits de los canales en registros (buffers) individuales.
- convertir las muestras de 8 bits en las señales analógicas originales.

Un demodulador será usado para generar estas señales analógicas.

Fig. 10 Cuatro señales multiplexadas en el tiempo



II.1.3 Estructura de la trama de 32 canales

Usando un sistema TDM, un número de comunicaciones puede ser combinado en una portadora. Cada comunicación está representada por una serie de muestras, cada una de las cuales se representa en la forma de un código digital. En Europa ha sido estandarizado y aceptado por la CCIT un sistema TDM de 32 canales. Cada canal tiene 8 bits. Esta estructura es llamada trama (frame) y tiene 256 bits. Una llamada es asignada a un canal en una trama semejante. Esto significa que se pueden enviar 8 bits en cada trama. Como una señal de abonado es muestreada cada $125\mu\text{seg}$ ($f_s = 8000\text{Hz}$), un abonado debe ser capaz de enviar 8 bits cada $125\mu\text{seg} / 32 = 3.906\mu\text{seg}$.

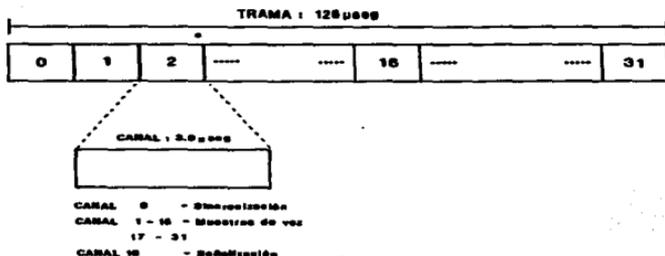
La velocidad de transmisión (bit rate) de la cadena del PCM es de 256 bits en $125\mu\text{seg}$, lo cual corresponde a 2.048 Mbits/seg.

En la estructura de la trama, la asignación de los canales es de la siguiente manera: (fig. 11)

- canal 0: sincronización de la trama (alineación)
- canal 16: señalización
- canales 1-15 y 17-31: voz/datos

De un total de 32 canales, únicamente 30 pueden ser usados para señales de voz. Esta es la razón por la que esta estructura es algunas veces llamada estructura de la trama de 30 canales. Cada canal usado para señales de voz contiene 8 bits (un bit de signo y los otros 7 bits de magnitud codificados de acuerdo a la ley "A"). En cada trama el mismo número de canal será dado al mismo abonado.

Fig. 11 Formato PCM



II.1.4 Estructura de la trama de 24 canales (fig. 12)

La cadena de bits consiste de tramas que contienen 193 bits, donde 1 bit es usado para alineación y 192 son usados por los 24 canales de 8 bits cada uno.

Una llamada puede ser asignada a un cierto número de canal. Así que cada abonado estará disponible para enviar 8 bits en cada trama, esto es cada 125μseg. Esto significa que la duración máxima de una trama (193 bits) es de 125μseg.

La razón o velocidad de transmisión (bit rate) de una trama es de 193 bits en 125μseg o 1.544 Mbits/seg.

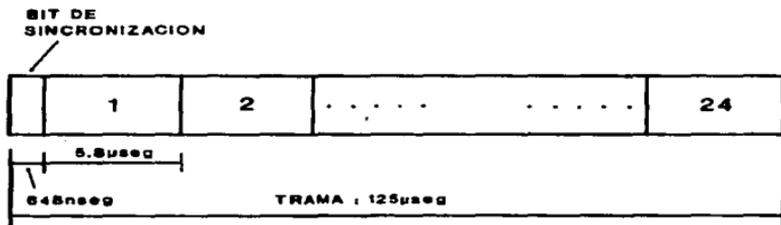
La duración de 1 bit es de $125\mu\text{seg}/193 = 648\text{nseg}$.

La duración de 1 canal es de $8 \times 648\text{nseg} = 5,18\mu\text{seg}$.

Los 24 canales son usados del mismo modo. Todos son usados tanto para voz como para señalización. La alineación es hecha por 1 bit que es asociado a estos 24 canales. Cada canal tiene 8 bits (uno de signo y los otros 7 de magnitud, codificados de acuerdo a la ley "μ").

Cuando un número de canal es dado a un abonado, ese abonado puede enviar 8 bits en cada trama, siempre usando el mismo canal. Esta es la razón por la que se tiene 8000 tramas por segundo.

Fig. 12 Estructura de la trama de 24 canales



II.1.5 Sistemas PCM de alto orden

Usando un PCM normal de 32 canales, 30 comunicaciones pueden ser manejadas sobre una portadora (conexión a 4 hilos).

Si el ancho de banda de la portadora es suficiente, entonces más canales pueden ser enviados por una portadora usando un PCM de alto orden. Esto significa, que reduciendo el tiempo necesario para enviar 1 pulso, más pulsos pueden ser enviados en la misma unidad de tiempo.

Tabla 2

Sistemas PCM

| NUMERO DE CANALES | RAZÓN DE BIT (MBIT/S) | FRECUENCIA (MHz) | CÓDIGO | TIPO DE LÍNEA |
|-------------------|-----------------------|------------------|--------|------------------------------|
| 30 | 2.048 | 1.024 | HDB3 | - MULTIPARES - PAR BLIND. |
| 120 | 8.448 | 4.224 | HDB3 | - PAR BLIND. - COAXIAL |
| 480 | 34.368 | 17.184 | HDB3 | - COAXIAL - FIBRA OPT. |
| 1920 | 139.864 | 93.900 | 6B4T | - COAXIAL - FIBRA OPT. |

II.2 Sincronización

En una línea de transmisión digital, un número muy grande de bits pasa por cualquier punto, a una velocidad aproximada de 2 Mbits/seg.

Para poder interpretar la información en el lado receptor, es necesaria la sincronización.

II.2.1 Sincronización de Bits

El receptor verá la información de entrada a razón de 2048 KHz. Si los datos son explorados en la transición entre dos bits, es muy probable que la información sea errónea. La información debe ser leída a la mitad del bit.

Como resultado el primer problema será 'como encontrar la mitad del bit', en otras palabras: **SINCRONIZACIÓN DE BITS.**

Esto puede ser logrado en 2 formas:

a.- enviar el reloj de bits a todos los puntos donde el PCM es recibido. **Esto requerirá una especial conexión de reloj (distribución de reloj).**

b.- introducir bastantes transiciones en la información para sincronizar a un nivel de bit.

II.2.2 Sincronización de la trama

Ahora que los bits de entrada pueden ser reconocidos, los bits tienen que ser montados en grupos de 8, representando una muestra de voz de una cierta comunicación. Aquí se requiere una referencia identificando cierto punto de la trama.

Esta sincronización de la trama es obtenida por repetición de un patrón fijo en el canal 0 de cada trama.

Si el receptor no está sincronizado (ejem. al tiempo de encendido), éste primero tratará de ejecutar sincronización de bits mirando la transición en la información de entrada y usando la transición para amarrar al receptor en el patrón de entrada correcto.

Después de la sincronización de bits, el receptor iniciará la exploración del patrón fijo, el cual es esperado en el canal 0. Usando la estructura de la trama de 32 canales, el canal 0 de cada trama es usado para la alineación (sincronización de la trama).

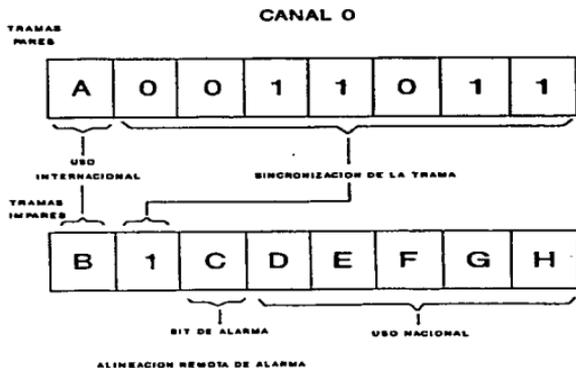
El patrón A0011011 es usado por las tramas pares y el patrón B1CDEFGH es usado para tramas impares. Estos son los bits del 2 al 8 del canal 0 de las tramas pares que contiene la alineación principal, y el bit 2 del canal 0 de las tramas impares (fig. 13).

En cada trama el primer bit del canal 0 es reservado para uso internacional (bit A y B). Estos bits son puestos a 1 cuando no se usan.

Los bits D E F G H de cada trama impar, son reservados para uso nacional y no tienen significado en un enlace internacional, ellos son entonces puestos a 1.

El bit C de cada trama impar es usado como bit de alarma del enlace; será puesto a 1 para informar a la central originante en caso de que el enlace entre la central originante y la terminante esté fuera de alineación. Como consecuencia, el enlace será puesto fuera de servicio.

Fig. 13



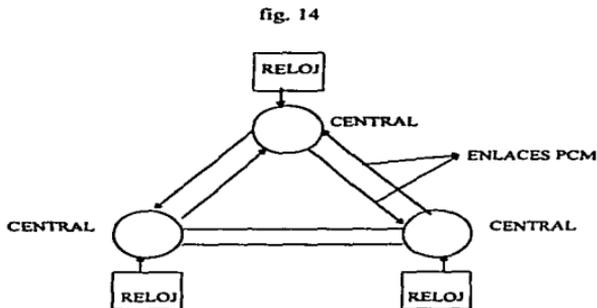
II.2.3 Sincronización de la red

Cuando se conmuta información de PCM, se establece que la cadena de bits de entrada debe ser sincronizada con el reloj central del conmutador. Las cadenas de bits de entrada pueden originarse de diferentes centrales, donde han sido generados usando el reloj de esas centrales. Diferentes casos pueden ser considerados:

a.- Red asíncrona (fig. 14)

En tal red, los relojes de las centrales son independientes, y la velocidad de transmisión de bits de la cadena de bits de entrada puede ser más rápida o más lenta que el impuesto por el reloj local de una central.

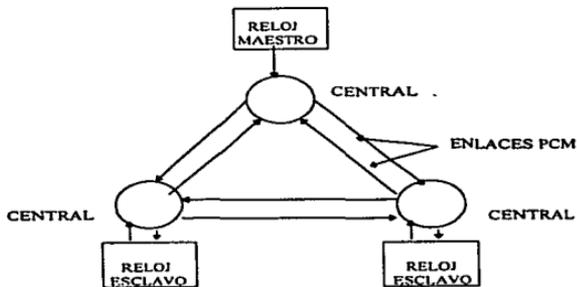
Las redes que usan relojes lo más precisos y estables, son llamadas plesincronas (cerca de la sincronía).



b.- Red síncrona, maestro esclavo (fig. 15)

En una red síncrona maestro-esclavo, un reloj es maestro y el otro reloj sincroniza su frecuencia usando el reloj regenerado desde la central maestra. En tal red la velocidad de transmisión de bits es el mismo, pero por supuesto la fase de la cadena de bits de entrada puede ser diferente debido al retraso de la transmisión. En el proceso de la adaptación de los bits a la fase del reloj local ninguna información es corrupta.

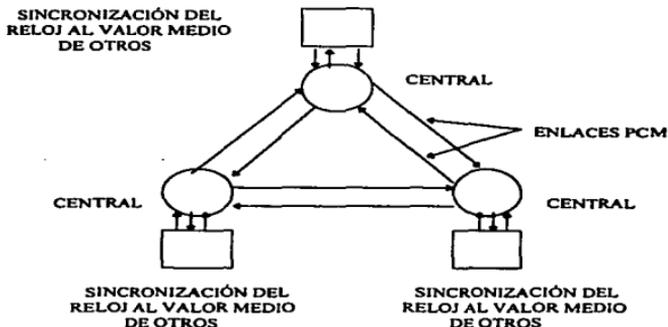
Fig. 15



c.- Red síncrona mutua (fig. 16)

Aquí ningún reloj es maestro. Todos los relojes están sincronizados al valor medio de todas las velocidades de transmisión de bits de entrada. En esta forma la red adopta una razón de velocidad de bit uniforme. A mayor cantidad de centrales, mejor trabajará este sistema.

Fig. 16



II.3 Portadoras para Información Digital

Cuando se establece una comunicación digital a gran distancia, las señales serán transmitidas por un cierto medio (técnicas de transmisión) en una portadora específica, dependiendo del tipo de transmisión, un medio será seleccionado y al mismo tiempo una portadora para el medio elegido.

Los sistemas PCM, pueden usar portadoras clásicas como cable multipar, cable coaxial y fibra óptica. Dependiendo del ancho de banda de la portadora, ya sea el sistema PCM de 32 canales o el PCM de alto orden pueden ser usados.

II.3.1 Cable multipar

Un cable multipar, es un cable aislado con mas o menos un gran número de conexiones de alambres de 2 hilos aislados, colocados juntos y rodeados por otra cubierta externa.

Los cables multipar de buena calidad, pueden ser usados por los sistemas PCM usando 120 canales (8Mbits/seg).

II.3.2 Cable coaxial

Un cable coaxial es una portadora con un ancho de banda muy grande usando cobre como una portadora de la señal. Un hilo esta constituido como un cilindro, el otro hilo es el centro

del cilindro abierto, separado por un aislador. Usado para más de 120 canales (8Mbits/seg), por ejemplo: 1920 canales o 140Mbits/seg.

II.3.3 Fibra óptica

La fibra es un tubo de vidrio con un núcleo muy pequeño de diámetro ($5\mu\text{m}$) rodeado por un segundo tubo de vidrio de bajo índice de refracción.

Con este diámetro tan pequeño la dispersión es despreciable, la atenuación es muy pequeña y el ancho de banda es muy grande, permitiendo la transmisión de señales en la banda de frecuencias altas.

Tabla 3

| CAPACIDAD DEL SISTEMA | | SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE COBRE | | |
|-----------------------|---------|----------------------------------|-------|--------------------------|
| MBIT/S | CANALES | TIPO DE | CABLE | REPETIDOR DISTANCIA (KM) |
| 2 | 30 | 0.6mm PAR TRENZADO | | 2 |
| | | 0.8mm PAR TRENZADO | | 4 |
| 8 | 120 | 0.6mm PAR TRENZADO | | 2 |
| | | 0.8mm PAR TRENZADO | | 4 |
| 34 | 480 | 2.8mm TUBO COAXIAL | | 2 |
| 140 | 1920 | 4.4mm TUBO COAXIAL | | 2 |
| 560 | 7680 | 9.5mm TUBO COAXIAL | | 2 |

Tabla 4

| SISTEMAS DE TRANSMISIÓN CON FIBRA ÓPTICA | | |
|--|---------------------------------|-----------------------|
| TIPOS DE FIBRAS | DISTANCIA REPETICIÓN (KM) | ATENUACIÓN (db/KM) |
| MULTIMODO ÍNDICE GRAD. | 15 | 3.0 |
| | 25 | 1.5 |
| MULTIMODO ÍNDICE GRAD. | 12 | 3.0 |
| | 20 | 1.5 |
| MULTIMODO ÍNDICE GRAD. | 10 | 3.0 |
| | 15 | 1.5 |
| MODO SIMPLE | > 25 | 1.0 |

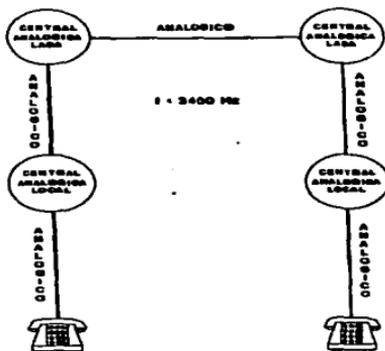
II.4 CONMUTACIÓN DIGITAL

II.5 Evolución en la Red Telefónica

II.5.1 Red telefónica analógica

Cerca de los años 70s la red telefónica usada en todas las ciudades, consistió de conmutaciones analógicas conectadas por sistemas de transmisión analógica.

fig. 17 Red telefónica analógica

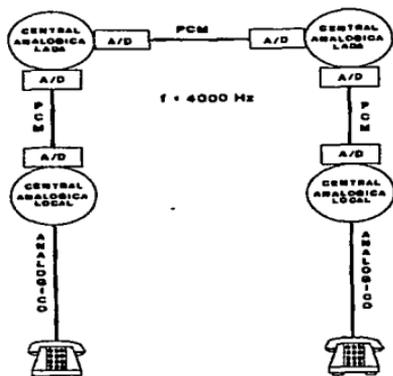


II.5.2 Red telefónica híbrida

Esta red consiste de:

- Sistemas de transmisión digital basado en un formato de trama de 32 canales PCM.
- Puntos de conmutación analógica conectando conversaciones en una forma analógica.
- Un convertidor analógico a digital en el nivel de troncales de cada central.

fig.18 Red telefónica híbrida



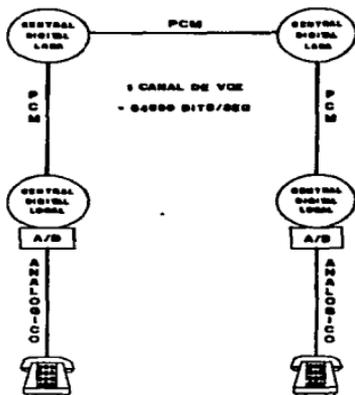
2.1.3 Red digital integrada (IDN)

Esta red tiene una relación costo-eficiencia muy buena. La red digital integrada consiste de:

- centrales digitales
- sistemas de transmisión digital

Y es la mejor solución costo-efectivo para las redes modernas digitales y como resultado se introducirá en todo el mundo en las siguientes décadas.

fig. 19 Red digital integrada



II.6 Señalización en un ambiente analógico MFC

II.6.1 Señalización de línea.

A la fase de comunicación necesaria entre el abonado y la central y también entre centrales, para decirle a la central como ejecutar sus funciones de conmutación, se le llama 'señalización'.

El primer tipo de comunicación llamado señalización de línea es intercambiado entre los circuitos de línea (o circuitos troncales). El principal objetivo de esta fase de señalización de línea es informar a la siguiente central de la intención de iniciar o liberar una llamada.

II.6.2 Señalización de registro.

La señalización de registro MFC consiste en transmitir y recibir información de dirección sobre los canales de voz por varias combinaciones de 2 (y solamente de 2) de un grupo de 6 frecuencias dentro de la banda de voz. Cada combinación de 2 frecuencias formará una señal y cada señal representa información de dirección. El receptor de multifrecuencia detecta la señal y transfiere la información al equipo de control, el cual establece conexiones a través de conmutadores de enrutamiento.

fig. 20 Señalización de línea

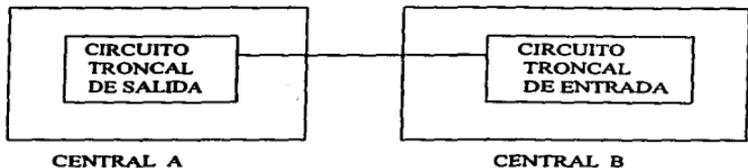


fig. 21 Señalización de registro



II.7 Señalización en un ambiente digital.

II.7.1 Señalización de línea: Señalización por canal asociado (CAS)

Este sistema codifica las viejas señales de línea en señales digitales (bits) y transmite estos bits vía una localidad fija en la cadena de bits. Estas localidades dependen de la estructura de la trama que es usada (24 o 32 canales).

II.7.2 Señalización de registro.

En un ambiente digital, la señalización de registro es aún usada. Los registros sin embargo transmiten y reciben muestras representando el par de frecuencias.

II.7.3 Señalización por canal común (CCS)

El objetivo de la señalización es pasar la información desde una central hacia la siguiente de la manera más eficiente.

- la intención de iniciar o terminar una llamada (1)
- la selección de la información (2)
- la identidad de la trayectoria de voz que será usada (3)

En todos los sistemas de señalización clásicos, la señalización es ejecutada sobre la trayectoria de voz seleccionada (3) sobre la cual se envía primero señalización de línea (1) y después señalización de registro (2).

La eficiencia podría sin embargo ser incrementada enormemente al equipar entre ambas centrales una conexión directa de señalización en la cual la información (señalización) será enviada directamente entre las inteligencias de la central (CCS).

* La CCITT ha estandarizado un sistema de señalización por Canal Común, llamado CCITT señalización número 7.

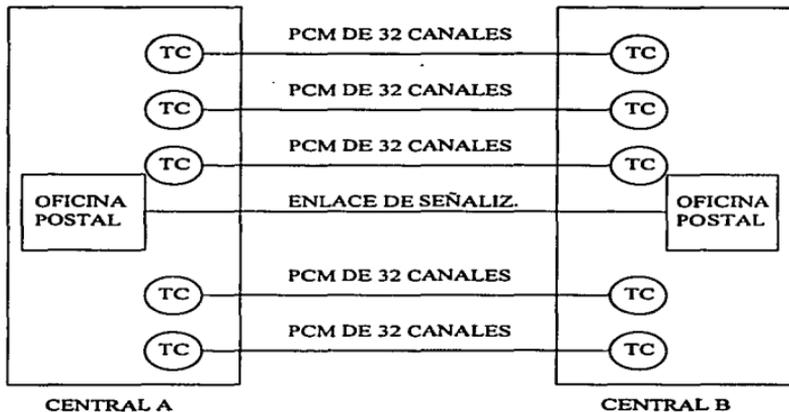
* En el ambiente de Sistema 12, la oficina-postal es un modulo extra de S12 llamado MODULO DE SEÑALIZACIÓN DE CANAL COMÚN

A diferencia de CAS, que trata solo con señalización de línea, CCS tiene la siguientes ventajas:

- CCSM trata tanto como señalización de línea como con señalización de registro. Como resultado, esto es mucho más rápido que el CAS.
- La señalización puede ser hecha en cualquier momento, aún durante la conversación.

Fig. 22

Señalización por Canal Común



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

GLOSARIO:

Loop.- Palabra inglesa que significa vuelta o retorno, hacer un loop significa enlazar dos equipos para mandar de regreso una señal a un punto determinado.

Bit.- Cada uno de los componentes en la numeración binaria, puede tener solamente los valores significativos "0" y "1".

Diafonía.- Es cualquier señal inteligible o no que interfiere en una comunicación telefónica.

PCM.- Modulación de Pulsos Codificados.

Hz.- Símbolo de Hertz o Hertzios, unidad de frecuencia de los fenómenos periódicos, que equivale a un período o ciclo por segundo.

SNR.- Razón señal ruido.

CCITT.- Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía.

CD.- Corriente Directa.

NRZ.- No Retorno a Cero.

GLOSARIO

AMI.- Inversión de Marcas Alternas.

HDB3.- Alta Densidad Bipolar exceso 3.

TDM.- Multiplexación por División de Tiempo.

Trama.- Conjunto de intervalos de tiempo dígito consecutivos.

IDN.- Red Digital Integrada.

MFC.- Sistema de señalización de código multifrecuencial de secuencia obligada.

CAS.- Señalización por Canal Asociado.

CCS.- Señalización por Canal Común.

TC.- Circuito de Troncal.

ÍNDICE DE FIGURAS:

PAG

| | |
|--|----|
| Señal analógica | 17 |
| Señal digital | 17 |
| Mejores ventajas de las transmisiones digitales contra las analógicas | 20 |
| Señales de entrada y salida del circuito de muestreo | 22 |
| Principal problema de ocurrencia de aliasing y la solución de éste | 23 |
| Cuantización lineal | 26 |
| Cuantización no-lineal | 27 |
| Curvas practicas de cuantización no lineal | 28 |
| Inspección general de la modulación y demodulación de pulsos codificados | 31 |
| Códigos de transmisión | 34 |
| Cuatro señales multiplexadas en el tiempo | 38 |
| Formato PCM | 40 |
| Estructura de la trama de 24 canales | 41 |
| Canal 0 | 45 |
| Red asíncrona | 46 |
| Red síncrona, maestro esclavo | 47 |
| Red síncrona mutua | 48 |
| Red telefónica analógica | 52 |
| Red telefónica híbrida | 53 |
| Red digital integrada | 54 |
| Señalización de línea | 56 |
| Señalización de registro | 56 |
| Señalización por canal común | 59 |

CONCLUSIONES:

El campo de las telecomunicaciones es muy extenso, y continuamente se actualizan e incorporan nuevas tecnologías en este campo y la telefonía es una parte de las telecomunicaciones.

En este trabajo se trato de exponer los principios básicos de la telefonía digital, a modo de introducirnos a este amplio tema.

Para poder entender y adentrarnos a las nuevas tecnologías que se están implementando, como lo es la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), que es tema para desarrollar en otro trabajo.

BIBLIOGRAFÍA:

"El Teléfono" en Historia de las comunicaciones y los transportes en México
1987, p. 13.

Enciclopedia Británica.

Apuntes: Introducción a la Telefonía
ALCATEL-INDETEL.

Telecomunicaciones
J. Brown/Glazier
Marcombo.

Telefonía Digital
SIEMENS
División de Comunicación Públicos.

Telefonía Elemental
Teléfonos de México, S.A.

Plan Fundamental de Conmutación
Subdirección de Ingeniería y normas
Teléfonos de México. 1995.

Digital Telephony
John G. Bellamy
John Wiley & Sons. Inc. 1982.

Actualización Técnica
Gerencia de servicios de recursos humanos div. centro
Capacitación tecnológica digital
Teléfonos de México.

Planes Fundamentales
TELMEX 1990.