

73



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

FACULTAD DE INGENIERIA

MODELO DE SINCRONIZACION Y EL  
TRANSPORTE ASINCRONO APLICABLE EN  
UNA RED VIRTUAL E INTELIGENTE

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
(AREA ELECTRONICA)  
P R E S E N T A

ABRAHAM RUBIO MEDINA



289366

MEXICO, D. F.

DICIEMBRE 

---

2001



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.

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**UNAM**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**MODELO DE SINCRONIZACION Y EL  
TRANSPORTE ASINCRONO APLICABLE EN  
UNA RED VIRTUAL E INTELIGENTE**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA [AREA  
ELECTRONICA]**

**P R E S E N T A**

**ABRAHAM RUBIO MEDINA**

**MEXICO, D.F.**

**DICIEMBRE ~~2000~~**

---

**2001**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE INGENIERIA ELECTRICA

OFICIO FING/DIE/624/2000

ASUNTO: Solicitud de Jurado para  
Examen Profesional.

M.C. GERARDO JOSE FERRANDO BRAVO  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE  
INGENIERIA DE LA U.N.A.M.  
P r e s e n t e .

A través de la Coordinación de Seminarios, el señor ABRAHAM RUBIO MEDINA - con número de cuenta 6607897-3 de la carrera Ingeniero Mecánico Electricista, área Eléctrica-Electrónica; habiendo satisfecho los requisitos académicos necesarios para efectuar su examen profesional, le solicita atentamente autorizarle, tanto la fecha:

08 de enero de 2001 a las 10:00 horas,

así como el siguiente jurado:

|             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| PRESIDENTE: | DR. JESUS SAVAGE CARMONA         |
| VOCAL:      | ING. NORMA ELVA CHAVEZ RODRIGUEZ |
| SECRETARIO: | M.I. ANTONIO SALVA CALLEJA       |
| 1ER. SPTE.: | DR. FERNANDO ARAMBULA COSIO      |
| 2DO. SPTE.: | ING. BENJAMIN VALERA OROZCO      |

Para cualquier aclaración o duda al respecto, favor de comunicarse a la Coordinación de Seminarios y Servicio Social con el Ing. José Arturo Origel Coutiño, número telefónico 5622-3111.

A t e n t a m e n t e .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 22 de noviembre de 2000

EL JEFE DE LA DIVISION

DR. SALVADOR LANDEROS AYALA

FIRMA DEL ALUMNO

EP-4

SLA\*JAOC\*1fc.

## DEDICATORIA

- A mi familia
- A Geni por su ayuda por su amor por su presencia
- A Ivan por su voluntad a prueba de todo
- A Pablo por su sensibilidad que motiva
- A Yuri por su didáctica nobleza
- A Abraham por su facilidad para aprender
- Por todas estas virtudes les dedico este trabajo, este cariño.

## AGRADECIMIENTOS

- A mi Padre eterno que me enseñó que la vida es guerra y paz
- A mi Madre que cuando leyó un libro sobre Camilo Torres me inundo de valentía
- A mi hermano Joaquín que es ejemplo de voluntad y paradigma de la perseverancia
- A la Facultad de Ingeniería, a la cual casualmente llegué para vivir la revelación de la sabiduría del Ingeniero Jacinto Viqueira Landa, del Ingeniero Enzo Levi y del Ingeniero Rodolfo Peters Lammel.
- A la educación pública que edificó mi país y que hoy sufre los embates de una reacción plena de podredumbre histórica y de marcada maldad.
- Al Ingeniero Víctor Hugo Jacobo por su ayuda sin límite
- A la Ingeniera Norma Elva Chavez Rodríguez por su asesoría y paciencia.
- A mi amigo Alberto Vázquez Rodríguez por la forma perspicaz de mostrarme el valor del ingenio y el valor de sostenerse en lo que uno cree.
- A mi amigo Emiliano Mendoza Valdés por su humildad que asombra y da sombra
- A mi amigo Emigdio evocación de nuestros principios juveniles, aun intactos
- E, indudablemente a los Zapatistas, mis héroes que son los héroes que rebelaron el destino de mi país

# **MODELO DE SINCRONIZACION Y EL TRANSPORTE ASINCRONO APLICABLE EN UNA RED VIRTUAL E INTELIGENTE**

Un estudio teórico y tecnológico de la sincronía.

- **PROLOGO**

- **APORTACIONES DE ESTA TESIS**

Observaciones concretas

Observaciones generales

- **INTRODUCCION**

- **BOSQUEJO HISTÓRICO DE LA SINCRONIZACION**

- **OBJETIVO Y MARCO TEÓRICO**

- **ESTADO DEL ARTE: TIEMPO Y SINCRONIA**

- El tiempo, una variable multivectorial
- Medición y aplicación del tiempo
- Estado del Arte de la sincronía en la sociedad del conocimiento.

1. LA CONVERGENCIA TECNOLÓGICA Y LA DIGITALIZACIÓN

2. MODELO DE SINCRONIZACIÓN

3. LA SINCRONIZACIÓN DE UNA RED DE TRANSPORTE

4. SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN INTELIGENTE

5. GENESIS Y EVOLUCIÓN DE UNA RED INTELIGENTE

6. ACCESO RDSI-BA Y LA APLICACIÓN ISUP EN AIN 1.0

7. APLICACIÓN DE ATM EN UNA RED VIRTUAL DE BANDA ANCHA VARIABLE

- **CONCLUSIONES**

- **ACRONIMOS**

- **BIBLIOGRAFIA**

## PROLOGO

En los cursos de electrónica digital se inducía la trascendencia que tiene la **variable tiempo y en consecuencia la frecuencia y la fase** en todas las aplicaciones de la lógica secuencial sincrona y la lógica secuencial asincrona, esto es, la temporización de las señales es importante : A] El tiempo de conmutación de los dispositivos electrónicos y los tiempos de acceso de las memorias principales semiconductoras son pequeños porque los diseños en la microelectrónica lo han provocado. Los tiempos de transición entre estados lógicos y los tiempos de retardo de las señales internas cada día son mas considerados por los fabricantes de circuitos integrados inclusive, el almacén temporal [buffer] dependen, en síntesis: de la optimización del diseño lógico y tecnología de integración utilizada B] Asimismo, el ruido lógico generado en la conmutación rápida de corrientes intensas queda asociado a las señales como un error, es factor que adultera el intercambio entre señales. Los diseños simulados de circuitos integrados con tecnología ASIC [Application-Specific Integrated Circuits] facilitan visualmente esta interpretación favoreciendo los diseños y funcionamiento de sistemas electrónicos aplicados a los equipos de comunicaciones, en especial a los circuitos que detectan y sincronizan las señales en los equipos receptores usando elementos PLL.

Por otro lado, es una evidencia notoria que los efectos de la variable más difícil de contener ó controlar en un sistema lógico digital es la temperatura, la cual, al incrementarse afecta los abanicos de entrada y salida de importantes instrumentos orientados para controlar la sincronía de señales en red como son los diferentes tipos de relojes utilizados como referencia de estabilidad funcional absoluta ó relativa. Estos estimulan la protección de los sistemas de transmisión ó transporte y de los subsistemas de conmutación espacio-temporal de las centrales telefónicas.

Estas consideraciones, digamos que teóricas son ya preponderantes ó predominantes en los usos y aplicaciones de sistemas ya no tan solo en el ámbito de la electrónica sino también, en los sistemas de telecomunicaciones electrónicas, optoelectrónicas, alámbricas e inalámbricas [Wireless], satelitales y/o virtuales [como Internet] que involucran modos sincronos ó asincronos de comunicación entre personas o entre máquinas ó entre personas y

máquinas. Todo esto, nos indica la gran complejidad *de nuestro tiempo, cada vez mas exigente. Un tiempo que exige y solicita más exactitud, cercana a la precisión*. Una estabilidad próxima a los nanosegundos y una inteligencia natural ¿ó artificial? que inunda las redes de comunicación en el contorno que rodea al ser humano.

Uno de los propósitos de esta tesis es acercarnos a los aspectos teóricos apprehendidos y a los avances tecnológicos en materia de telecomunicaciones digitales, de tal manera, que puedan contribuir a definir la investigación y describir los atributos y carácter del modelo propuesto. Si la palabra investigación proveniente del latín *in vestigiun* indica una señal o recuerdo que queda de algo que ha pasado ó ha existido entonces buscando en los vestigios tecnológicos es encontrar las tendencias "de que hoy, las redes de comunicación dejan de ser cables para convertirse en enlaces lógicos concebidos para intercambiar con mayor inteligencia flujos de información". Nuestro tema **esta acotado** al tema de la sincronización en redes virtuales digitales inteligentes.

Se trata, entonces de rastrear los orígenes de la industria de los servicios y su nuevo entorno en la sociedad del conocimiento y, sesgadamente en razón de lo aplicado en TELMEX, empresa importante para la economía del país y para las conclusiones de nuestra investigación.

## APORTACIONES DE ESTA TESIS

*"El ordenador, con su capacidad para manejar enormes volúmenes de datos y simular la realidad, abre una nueva ventana sobre esa visión de la naturaleza. Brinda un diferente ángulo de la realidad"*  
*Heinz Pagels*

### Observaciones Generales :

La innovación tecnológica ha procreado la hipótesis de que las empresas del sector servicios de telecomunicaciones de nuestros países en desarrollo deben estar sujetas a una transferencia acotada de tecnología,.... a simples adquisiciones de hardware y software de equipos de conmutación y transmisión telefónica. La misma innovación tecnológica en el sector de las telecomunicaciones es primigenia porque puede reproducir los "desarrollos tecnológicos" que van desplazando tecnología y aplicaciones analógicas en favor de los sistemas y subsistemas digitales que sostienen las virtudes de los microprocesadores en aplicaciones en el entorno de los sistemas telefónicos. Esta incidencia científica y tecnológica esta favoreciendo diseños evolucionistas. *Se incuba un peligro real: "el rezago tecnológico"*, que, por cierto, sería aún más profundo si las universidades públicas dejaran de hacer propuestas analíticas y viables. La optimización de recursos tecnológicos en México podrá darse si existe una explicación colectiva de los desarrollos de "superestructuras" fabricadas en los laboratorios de investigación extranjera. Por, estas razones, es necesario fundamentar que tecnología es más útil para cubrir las necesidades de las empresas dedicadas a la explotación de los servicios o teleservicios que otorgan hoy los operadores en nuestro país.

### Observaciones Concretas:

Conviene destacar la importancia que puede tener esta tesis *ya que objetivamente se pretende relacionar las tecnologías emergentes (y no emergentes) con el espacio en que inciden, no sólo en las empresas dedicadas a la explotación de servicios sino, también, es su influencia del ámbito que la sociedad ha dado en llamar: servicios*. Además, ya es de suma importancia saber reconocer, aplicar y explotar las recomendaciones que generan los estándares que llegan a ser validados por los organismos internacionales como ISO, ITU-T, ITU-R, CCITT, ANSI, CEPT. En la práctica, todo conduce, inevitablemente, a la necesaria homologación que exigen las sociedades, las tecnologías, el mercado y, sobretodo, la comunidad que intercambia ó transacciona información y conocimiento en forma de servicios o teleservicios.

Hoy adquieren relevancia los análisis tecnológicos sobre temas como la *sincronización de redes digitales* y las modernas aplicaciones asincrónicas en línea sobre redes virtuales e inteligentes. Todo un bagaje que conlleva implícitamente a una **gestión** manifiesta de la real convergencia tecnológica y digital del ancho de banda en aplicaciones multimedia de voz, datos, vídeo y transacciones contingentes como el comercio electrónico. Ello, incluiría a:

- Aquellas tecnologías concebidas como emergentes (ATM, ADSL, RDSI-BA, SDH ) que aún no materializan varios operadores telefónicos en México, debido a un factor de confusión: ausencia de normas certificadas. Y, es que las "nuevas tecnología" del siglo XXI *invitan a romper la barrera de la realidad, modificándola o simulándola; exigiendo inclusive el cumplimiento de varios requisitos interrelacionados que son función del tiempo y el espacio en una red de telecomunicaciones. Tal es el caso del intercambio de señales en fase y frecuencia y la topología de la red*
- una administración lógica del ancho de banda de los sistemas integrados a través de sistemas TMN [Telecommunications Management Network] estrechamente vinculada con el paradigma de inicio de siglo: Knowledge Management, la Gestión del Conocimiento.
- el control temporal de sistemas de espera distribuidos con técnicas de conmutación avanzada tipo ATM y de la velocidad de información entre sistemas abiertos

En razón de estas observaciones mencionados, la tesis aborda y propone, debe hacerlo, el desarrollo de un prototipo de sincronización. Y el análisis, de proyectos que se están dando porque el mercado mundial de las telecomunicaciones esta obligando a las compañías telefónicas regionales a implementarlos, - tal es el caso de Teléfonos de México S.A. de C.V.- [Telmex] -. Esta aportación es ó sería una manera lógica y natural de contribuir humildemente para impedir rezagos múltiples con amplios costos sociales por no visualizar el cambio tecnológico y sus repercusiones inherentes.

Ahora bien, el tema "modelo de sincronización y el transporte asíncrono aplicado en una red virtual inteligente" incide, precisamente, con una preocupación correlacionada con estas circunstancias ya que lo contemporáneo exige precisamente coherencia con el tiempo.

Sin duda, para establecer una metodología que facilitara el entendimiento del conocimiento agregado por el modelo AISSR de sincronización a la señalización inteligente, *era necesario recurrir a los atributos de estabilidad y exactitud del **parámetro tiempo*** considerado explícitamente en los planes fundamentales y en las Normas del grupo "G" de la ITU-T . También, su uso, medición y las aplicaciones síncronas, isócronas, plesiocronas o asíncronas en los sistemas modernos de comunicación digital, como también, en los sistemas de gestión y procesamiento de información que controlan los modernos equipos de transmisión ó transporte

de información y los, también, modemos subsistemas de conmutación síncronos y asíncronos utilizados en el complejo sistema telefónico actual y en las futuras redes de telecomunicaciones.

Asimismo, es preciso hacer **observaciones generales** acerca del uso de las longitudes de onda de las señales en los sistemas microelectrónicos que parecen semejantes a las dimensiones de los circuitos integrados en forma específica [Tecnología ASIC y FPGA] por lo menos es útil la mención, ya que, **la variable dual espacio-tiempo** desbordará todas las expectativas asumidas por las tendencias tecnológicas ya conocidas. De hecho, nuestro análisis en la tesis está muy alejada de este propósito. De la misma manera, pero difusamente se anota lo que suceden con factores parecidos en los sistemas distribuidos de información enlazados por fibras ópticas y que están correlacionados en una red panregional o Red Mundial de Información, versión IP<sub>v6</sub> de Internet. No se enfatiza en ello solo se hacen observaciones generales.

Otra bondad que otorga este trabajo, es su función de prospectiva tecnológica, dado que, en cierta forma *anuncia un "modelo" de aplicabilidad tecnológica convergente* que, integra tanto a las tecnologías emergentes como a las tecnologías que previamente emergieron entre 1960 y 1995 aspectos técnicos y sus impactos sociales, tecnológicos, económicos y legales.

## INTRODUCCION

Si a nosotros nos mostraran el ser una sola vez quedaríamos aniquilados, anulados, muertos. En cambio el tiempo es la dádiva de la eternidad. La eternidad nos permite todas esas experiencias de un modo sucesivo  
Jorge Luis Borges

### Bosquejo Histórico de la Sincronización

El concepto **sincronización** parece ser un termino propio del *posmodernismo* del siglo XX ó XXI en realidad nace cuando algún *genio primitivo* del genero *homo sapiens* descubre a través de la observación que los fenómenos cíclicos se repiten, se "suceden". Esta capacidad de abstracción evoluciono, necesariamente, de lo intangible a lo material. Pero, transcurrieron cientos de miles de años para que "un genio anónimo" fuera el primero en "**contar**"; antes de contar "las sucesiones de eventos" era necesario "**saber contar**" - inicio de la aritmética rudimentaria - . Tras la observación del *movimiento* del sol y la luna [Astronomía] y el "*conteo*" de las sucesiones y ritmos de los fenómenos cíclicos "el individuo" paso a la **comparación** - mediciones - de observaciones solares y lunares. Con cierto conocimiento inductivo determino tres conceptos que asocian el tiempo y la cultura: el año, el mes y el día. Así, se inició la medición de estos tres patrones y la combinación entre ellos dieron origen a los sistemas calendarios solares, lunares y lunisolares, asimismo, según su cultura, sus observaciones y sus talentos los diferentes pueblos siguieron haciendo estadística al considerar las variabilidades existente entre los 365.25 días solares medio y siderales [365.256 días solares medios] y los 29.53 días lunares. Los primeros instrumentos de medición usados para determinar la variabilidad del tiempo resultaban imprecisos e inexactos ya que su funcionalidad dependía de los rayos solares [el primer reloj solar documentado históricamente deja entrever que el pueblo chino ya usaba un instrumento de este tipo desde hace 4679 años]

Todas las civilizaciones agrícolas adoptaron el "*calendario*" como un registro astronómico de salidas y puestas del sol y fases de la luna. El origen babilónico de esta herramienta determinó el carácter de un sistema numérico de conteo **sexagesimal**, es muy probable que la elección del número sesenta - 60 - estuviera relacionado por el hecho de ser divisible entre 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 y 30 consideración necesaria y suficiente para

la interpretación de que los 360 días de un año pueden dividirse entre 12 [número plenilunios ó lunas llenas], la duración de las horas [heure, ora, uhr, uur, hour] correspondiera a 3600 segundos ó a sesenta "*minutus*" y los mismos minutos en sesenta "*secundus*". Al mencionar esta consideración vale la pena revalorizar que el único calendario que estrictamente es de 360 días cronometrados con 18 meses de 20 días es el calendario azteca al cual había que agregárseles cinco días que están marcados con cinco bolitas [días de sacrificio "*nemotemi*" varas de sol - gnomos = reloj solar- en la parte interior del círculo del dios *tonatiuh*]. Esto adquiere relevancia debido a que los calendarios de las culturas europeas del siglo XIII acumulaban ya un error *juliano* de ocho días de defasamiento de tal modo que el equinoccio de primavera no ocurría según sus necesidades y no sus observaciones. La corrección final se decidió hasta el siglo XVI - para entonces el error juliano ya era de diez días - el astrónomo jesuita C. Clavius obedeciendo la petición de Gregorio XIII "**sincronizo**" y ajusto el equinoccio de primavera según las necesidades de la iglesia de aquel entonces. ¡ El 24 de febrero de 1582 se suprimieron 10 días al calendario para originar el actual calendario Gregoriano.! Así inicio la sincronización en occidente El calendario maya pierde dos días en 20 000 años el gregoriano tres cada 10 000 años, así va armonizándose la medida del tiempo con el ritmo natural cíclico que inicialmente observó el "genio primitivo".

En realidad la trascendencia epistemológica y matemática del **concepto sincronía** [sin = con, simultaneidad; cronos = tiempo] adquirió demasiada importancia al evolucionar las innovaciones del reloj mecánico como instrumentos de medición del tiempo y a partir del uso del péndulo en un reloj, Galileo [1639] y Huygens [1657]. Formalmente se iniciaban el momento para dar una explicación de acuerdo a la física y la matemática "*de la repetición del fenómeno de oscilación*" y por tanto, de su medición, detección e incertidumbre como función de la variable tiempo; la exactitud y la precisión eran parámetros para el futuro en razón de la pretensión de disminuir el error sistemático con tecnología y conocimiento.

De tal manera, se visualizaba un metodología para entender las diferencias y aplicaciones de los fenómenos secuenciales y repetitivos que tanto preocupaban al "genio primitivo" que inicio la pregunta: ¿como contar las repeticiones? que se presentaban en la naturaleza en forma de series **sincronas ó asincronas**.

## Objetivo y Marco Teórico

Es por cuestiones metodológicas que la presentación propuesta en esta tesis inicia con una introducción cuyo contenido correlaciona múltiples aspectos físicos, químicos, astronómico, telemáticos y hasta históricos. La variabilidad de indicios conllevó una investigación que integró varios factores dispersos pero, también, algunos conceptos deformados por la incertidumbre propia de las ciencias y por las influencias conservadoras que impidieron en determinados momentos la prosperidad del conocimiento; baste mencionar el siguiente hecho o evidencia que reafirma lo antes considerado: "en el siglo III antes de J.C. el astrónomo griego Aristarco de Samos propuso la teoría de que la tierra y los cinco planetas giran alrededor del sol. Durante muchos siglos nadie le hizo caso, pero en 1543 Nicolás Copérnico (1473-1543). publicó su famoso libro << De Revolutionibus Orbium Coelestium >> (1) , que proponía una revolucionaria teoría heliocéntrica revalidada posteriormente, por Johannes Kepler [ 1600 ] en su obra "Astronomía Nova" y que junto a la obra experimental de Galileo Galilei [ 1609 ] "Nuntius Siderius" figuraron en el Índice (2) de la Inquisición durante varios siglos.

Todo el pensamiento científico dado en el contexto descrito ayudo y determino la racionalidad de las leyes elaboradas por Isaac Newton [1687, "*Principios matemáticos de la filosofía natural*" ] y proveyó al mismo pensamiento científico de otra noción de tiempo y espacio lo que circunstancio la llegada de dos revoluciones una industrial [1760] y otra social [1789]. Estas dos paradigmas modificaron ó revolucionaron las estructuras técnicas de la mecánica clásica [la mecánica] la producción y el trabajo. E, indudablemente, todos los aspectos científicos y matemáticos de los "viejos tiempos absolutistas", desde entonces, se entendía y se anunciaba implícitamente la existencia del relativismo. Teoría elaborado posteriormente por Albert Einstein [Teoría General de la Relatividad, 1916] fundamentada en los trabajos de M.. Planck [1900] y D. Hilbert [1899]. Al derrumbe de la física clásica emergía una distinta visión microcósmica y macrocósmica de las variables fundamentales de tiempo y espacio utilizadas en las modernas teorías de las comunicaciones electrónicas.

Es la dialéctica de las ideas de evolución social y científica la que impulsó dentro del Renacimiento [ siglo XV a XVII ] a la ciencia moderna. La ruptura con la concepción

metafísica de la naturaleza creó y recreó la ciencia moderna, que empezó a sentar sus principios en el siglo XVII con los fundamentos de: T. Brahe, J. Kepler, G. Galileo, Descartes, Pascal y, más tarde Huygens y Newton. Las "nuevas ideas" de los físicos, matemáticos y filósofos acerca de variables como la fuerza, el movimiento, la materia y la longitud del universo fluyeron presurosas hacia el conocimiento y reconocimiento de que **todas las cosas "suceden en el tiempo"**. *Sucesión y ciclos, ciclos y retornos. La dependencia de las cosas en sucesión progresivas.*

La adquisición del conocimiento y la habilidad para aprender la herencia legada, motivó la comprensión de que todo estaba íntimamente relacionado; el movimiento con el tiempo, la fuerza con la materia y el espacio con el tiempo, nada es ajeno a la naturaleza de la física (fysis) ni al don apacible de la deducción en la matemática. Solo el ingenio - talento para pensar e inventar con facilidad y rapidez - puede recolectar fehacientemente conocimiento, técnicas y tecnologías y aplicarlas en beneficio del hombre y de la ciencia.

*Una propiedad de la naturaleza es el tiempo. El tiempo seguirá siendo concepto rector de toda la teoría científica y, por lo tanto, hoy es válido reconsiderar su importancia y la significancia que tiene para las sociedades modernas.* La ingeniería, la aplicación del ingenio en sí, es una profesión que ha aplicado ampliamente el tiempo como una variable independiente, es el alma en los análisis matemáticos, en la mecánica, en la mecatrónica, en la electrónica, en la optoelectrónica, en las telecomunicaciones a larga distancia ó en la telemática de nuestro tiempo. Y, es que hoy, es ya posible la teleportación, las velocidades superluminicas o velocidades negativas. Hoy es tiempo en que la física moderna propone más preguntas que respuestas a las ingeniarías.

La pregunta que pretende examinar a este tema de tesis es, precisamente: "ante el avance tecnológico desmesurado en los diseños que involucran a las variables espacio-tiempo, tendientes a miniaturizar la electrónica hasta los límites de la nanotecnologías del hardware y con procesamiento paralelo, en uso, de los sistemas informáticos distribuidos de la época moderna ¿qué tipo de control temporal es factible aplicar?, Sobretudo cuando las velocidades de transmisión o procesamiento llegan al orden de los gigahertz [microprocesadores de cuarta generación con sistemas ópticos proclives a tasas de  $10^{-11}$  errores] es fundamental asociar un estudio tecnológico de aplicación del tiempo en los sistemas jerárquicos de sincronización de redes conmutadas y en el transporte asincrónico

correspondientes a una realidad virtual habitada ya por las redes digitales RDSI, VPN y ATM e implementadas por los operadores de telecomunicaciones en México a fines de la década de 1990-2000. La "Aplicación de la sincronización y transporte asíncrono en la red virtual e inteligente" será descrita bajo la razón de tres paradigmas:

EL TIEMPO ES UNA VARIABLE MULTIVECTORIAL  
MEDICIÓN Y APLICACIÓN DEL TIEMPO.  
LA SINCRONIA EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

**Marco Teórico.** " el tiempo es la sustancia de lo que yo estoy hecho" (J.L. Borges)

**A ] El tiempo es una variable multivectorial**

"La ciencia ha empezado a ser un simple repertorio de observaciones y ha conservado largo tiempo su marca de origen, continuando ligada directamente a nuestras sensaciones; pero tiende a librarse de las mismas cada vez más y, a medida que se desarrolla en extensión y en profundidad, es más abstracta, elevándose a mayor generalidad y a tal altura que ya solo puede seguirse por medio de un esfuerzo largo y prolongado" [ Dr. Cayetano Castelfranchi, en el epílogo de su obra Física Moderna, Edit. Gustavo Gili, Barcelona, 1945]. La razón primigenia de la ciencia ha sido la observación, al observar se piensa y se desarrolla la observación. Así simplemente, nuestros ancestros buscaban explicaciones a sus sensaciones: observaban y experimentaban.

Conforme el cerebro humano fue siendo el producto de largas edades evolutivas el conocimiento de las realidades externas configuró ciertas funciones humanas - el sentido del tiempo - después de: A) la persistencia en las observaciones (ubicación espacial) descubrimiento de la secuencia de eventos (rítmica o periodicidad). Aunque debe hacerse énfasis en los orígenes del sentido del tiempo debemos remontarnos hasta la etapa prebiológica en la que ya existían procesos cíclicos, - ciclos de Morowitz [Harold Morowitz, 1968] cuestión que no impactó a la ingeniería sino las ciencias biológicas. Asimismo la conciencia temporal que evolucionó hacia concepciones aún más complejas determinó que: B) la dimensionalidad de los espacios (linealidad o alinealidad) de la consecución de los eventos ó sucesos (fluencia de los sucesos).

De la física sabemos que un vector espacial constituye la esencia de las estructuras energéticas estáticas o dinámicas. **Nada puede intuirse fuera del espacio y el tiempo.** Todo sistema, necesariamente está interrelacionado con otros sistemas internos o externos. **Y es precisamente la simultaneidad de los eventos lo que hace necesaria la sincronización y la reducción substancial de la incertidumbre y el error; favoreciendo, indudablemente, el aumento de la entropía del sistema considerado, y por lo tanto, el orden y el funcionamiento de los mismos sistemas.** Independiente de la naturaleza de los elementos del sistema: **TODO depende de un subsistema: su subsistema de sincronización.** Ante esto, débese considerar que nunca una parte es más importante que el todo

### **B] Medición y aplicación del tiempo**

**Medir es comparar. *La medición y la exactitud son el paradigma de todas las áreas de la ingeniería.*** En especial las telecomunicaciones que son sistemas que pretenden "hacer común" el intercambio de información a través de mensajes requieren (es imprescindible) ciertas normas que garanticen el acceso al medio de transmisión, la conectividad en red, *la calidad de los enlaces de transmisión*, la conmutación digital tan rápida como procesable que facilite el enrutamiento de los destinos y el procesamiento de la estructura de datos comunes; en fin, la medición directa ó indirecta de variables temporales está involucrada en todo sistema organizado.

### **C] Breve estado del arte de la sincronía en la sociedad del conocimiento**

Es indudable que el siglo XX se ha caracterizado por los grandes descubrimientos científicos y del desarrollo tecnológico surgidos en él. Las teorías de H. Nyquist (1920), A. Reeves (1937), C.E. Shannon (1948) concurrieron para crear otra teoría: la teoría de la información. Y siendo la información estructura y organización tuvo que proyectar o propulsar primero, la computadora, después la aplicación de esta a la telefonía. También, W.H. Brattain, J. Bardeen y W. Shockley (1947) concluyeron la investigación que hizo surgir al transistor. **Ambos paradigmas: la información y el transistor fecundaron anticipadamente dos conceptos - la conmutación y la transmisión digital - .**

Los espacios de la conmutación, la transmisión de información, su almacenamiento

y procesamiento exigieron la presencia del tiempo. *Era fundamental controlar el ritmo de las operaciones y, para ello, fue (es) conveniente utilizar un mecanismo útil: el reloj.* La sincronización., en si.

La innovación tecnológica acelera y aceleró el cambio tecnológico; la microelectrónica "crece" y las redes telefónicas se difunden. *Se hace necesario el control de los sistemas discretos y solo la ingeniería lo puede hacer posible.* No el mercado.

Las microelectrónica y las redes de telecomunicaciones son sistemas que tienden a la complejidad, y si en las "redes neuronales" es necesaria la sinapsis (zona de conexión entre una neurona y las dendritas) en las redes de telecomunicaciones sería la muerte si no existiera el control temporal de las conexiones. No obstante, las compañías telefónicas, "carriers" u operadoras de servicios de telecomunicaciones han sido cautas pues, hoy, utilizan estos recursos tecnológicos a su favor: Relojes Atómicos, PLL, Generadores de Referencias Primarias y GPS.

Nosotros presentamos un modelo de prototipo inteligente **AISSR**, un molde inicial perfectible. Aplicable en las nuevas redes de banda ancha RDSI-BA que puede trascender los modelos desarrollados, no por si mismo, sino debido a la tendencia tecnológica de que ya no basta supervisar las redes, hay que gestionarlás en base a la predicción estadística para así poder anticiparse a las típicas fluctuaciones de fase y frecuencia, además, de la violación de las normas establecidas por organismos internacionales [ITU-T] y planes fundamentales de sincronización elaborados por los operadores de red, como TELMEX.

Las aplicaciones de la ingeniería han fortalecido a la ciencia y viceversa. Quedan los tiempos en que del procesamiento de datos pasamos al procesamiento de la información y de este al procesamiento del conocimiento utilizando las redes de telecomunicaciones: llegamos a la era del conocimiento.

# MODELO DE SINCRONIZACION Y EL TRANSPORTE ASINCRONO APLICABLE A UNA RED VIRTUAL E INTELIGENTE

## C O N T E N I D O

- PROLOGO
- APORTACIONES DE ESTA TESIS
- INTRODUCCION

PAGINA

### **CAPITULO 1: LA CONVERGENCIA TECNOLOGICA Y LA DIGITALIZACION** 1

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.1 | LA TECNOLOGIA DIGITAL Y LA ANALOGICA.....                 | 2  |
| 1.2 | SEÑALES ANALOGICAS Y DIGITALES EN TELECOMUNICACIONES..... | 4  |
| 1.3 | TRANSMISION DE DATOS ANALOGICOS Y DIGITALES.....          | 10 |
| 1.4 | TECNICAS DE CONMUTACION.....                              | 11 |
| 1.5 | TECNICAS DE MULTIPLEXACION FDM, TDM, STDM Y WDM.....      | 13 |
| 1.6 | MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS.....                    | 16 |
| 1.7 | MODELO OSI Y LAS REDES DIGITALES.....                     | 20 |

### **CAPITULO 2: MODELO DE SINCRONIZACION**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 2.1 | LA SINCRONIA EN UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....    | 21 |
| 2.2 | TIPOS DE SINCRONIZACION: SINCRONA Y ASINCRONA..... | 32 |
| 2.3 | LA RELACION DE MUESTREO Y SINCRONIA.....           | 44 |
| 2.4 | MODELO DE SINCRONIZACION AISSR.....                | 47 |

### **CAPITULO 3: LA SINCRONIZACION DE LA RED DE TRANSPORTE**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 3.1 | NORMAS Y ELEMENTOS DE UNA RED DE TRANSPORTE.....           | 59 |
| 3.2 | MULTIPLEXORES DIGITALES.....                               | 64 |
| 3.3 | TECNOLOGIA SONET Y SDH.....                                | 66 |
| 3.4 | MAPEO, MULTIPLEXACION Y ESTRUCTURA DE TRAMA EN SDH.....    | 68 |
| 3.5 | LA TECNICA DE PUNTERO Y LAS VARIACIONES SINCRONAS.....     | 72 |
| 3.6 | EL FENOMENO DE ADAPTACION DE FASE Y SUS FLUCTUACIONES..... | 76 |
| 3.7 | SINCRONIZACION Y DESINCRONIZACION.....                     | 79 |

### **CAPITULO 4: SISTEMA DE SEÑALIZACION INTELIGENTE**

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 4.1 | RED DE SEÑALIZACION.....   | 81  |
| 4.2 | CONCEPTO Y ANTECEDENTES DE LA SEÑALIZACION.....                                    | 81  |
| 4.3 | SISTEMAS DE SEÑALIZACION EN TELEFONIA.....   | 85  |
| 4.4 | CUALIDADES DE LA SEÑALIZACION POR PAQUETES Y LAS<br>APLICACIONES DEL SSCC # 7..... | 88  |
| 4.5 | SIMILITUD ESTRUCTURAL DE LOS FORMATOS DE TRAMA.....                                | 100 |

## **CAPITULO 5: GENESIS Y EVOLUCION DE UNA RED INTELIGENTE**

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 5.1 | CONCEPTUALIZACION DE UNA RED INTELIGENTE.....        | 102 |
| 5.2 | GENESIS Y PROCESO DE EVOLUCION.....                  | 105 |
| 5.3 | UN CASO ESPECIAL: RED INTELIGENTE EN MEXICO.....     | 108 |
| 5.4 | ESTANDARES EN RED INTELIGENTE.....                   | 112 |
| 5.5 | ETAPAS DE DESARROLLO DE LOS SERVICIOS AGREGADOS..... | 116 |
| 5.6 | CONFIGURACION DE UNA RED INTELIGENTE COMPLETA.....   | 119 |
| 5.7 | SERVICIOS DE RED INTELIGENTE.....                    | 127 |

## **CAPITULO 6: ACCESO RDSI-B Y LA APLICACIÓN DE ISUP EN AIN 1.0**

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 6.1 | CONCEPTO, EVOLUCION DE RDSI-B Y ESTANDARES..... | 131 |
| 6.2 | TECNOLOGIA Y RED DE ACCESO RDSI.....            | 135 |
| 6.3 | PARTE DE USUARIO ISDN: ISUP.....                | 142 |
| 6.4 | TIPO DE SERVICIOS EN RDSI.....                  | 146 |
| 6.5 | LA SINCRONIZACION EN RDSI.....                  | 147 |

## **CAPITULO 7: APLICACIÓN DE ATM EN UNA RED VIRTUAL DE BANDA ANCHA VARIABLE**

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 7.1 | EVOLUCION DE RED VIRTUAL EN UN ENTORNO SINCRONO.....                    | 148 |
| 7.2 | CIRCUNSTANCIAS Y ATRIBUTOS DE LA TECNOLOGIA ATM.....                    | 152 |
| 7.3 | ATM UNA TECNOLOGIA EMERGENTE DE CONMUTACION Y TRANSPORTE ASINCRONO..... | 154 |
| 7.4 | CALIDAD, CATEGORIAS DE SERVICIO Y PARAMETROS DE TRAFICO ATM.....        | 170 |

CONCLUSIONES

ACRONIMOS

BIBLIOGRAFIA

## CAPITULO 1: LA CONVERGENCIA TECNOLÓGICA Y LA DIGITALIZACIÓN

El caso del suministro del acceso a Internet es particularmente claro al respecto cuando se prevé, en el horizonte del año 2002, que el tráfico telefónico mundial no representará más que el 1 % del tráfico de Internet

Philippe Quéau [Marzo, 1999 Le Monde Diplomatique]

En el fin de siglo, la economía de mercado en el proceso de liberalización de las telecomunicaciones orientó la lógica de los servicios para trascender la tecnología analógica. Pretendió la **digitalización total** aplicando la Computación a los sistemas de Comunicación C&C.

A partir de 1982, con el desmembramiento del "Bell Telephone" en los E.U. y la desregulación de las telecomunicaciones acaecida en varios países se desarrolló la idea de que las telecomunicaciones debían de adaptar sus modelos de gestión a formas más eficientes y dinámicas orientadas al **mercado, para lo que era preciso introducir la competencia en el sector. Es decir, hacer migrar las estructuras monopolísticas a un esquema de regulación de varios operadores de telecomunicaciones.** Todo esto recreó el modelo de evolución tecnológica hacia diversos propósitos, pero dos son los que más nos interesan,:

- Mejorar la calidad de los servicios de telecomunicaciones y,
- Ampliar la cobertura de las redes de telecomunicaciones.

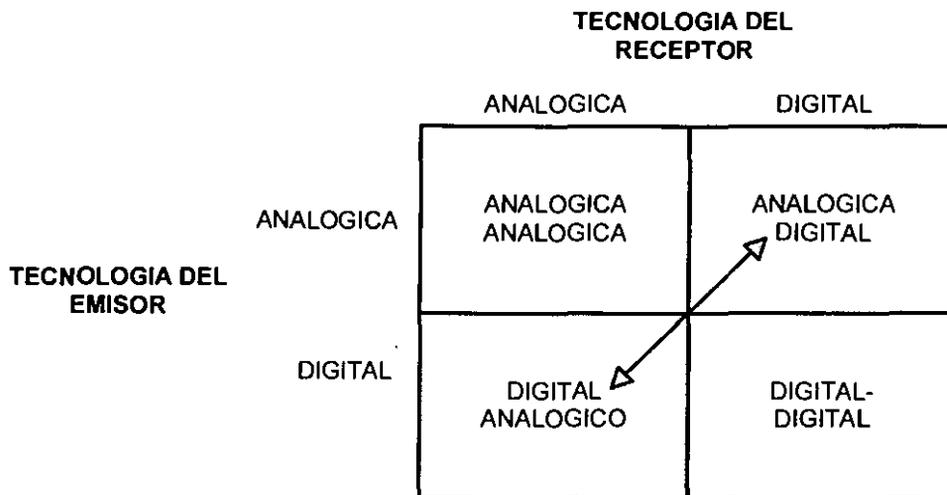
Entonces la tecnología se vio como un insumo más para la planificación de las redes telefónicas y no como una aplicación de las reglas propias de las ciencias, es decir, de la electrónica, de la optoelectrónica y de todo el proceso de Investigación y Desarrollo [R&D] de los centros de investigación. Solo el paradigma de la digitalización fue suficiente para que la economía se digitalizara y para que los sistemas y medios de comunicación, también, se digitalizaran.

*La digitalización [Voz, Vídeo, Datos, VVD] de las redes de conmutación y de transporte en los sistemas de telecomunicación fue una consecuencia de la revolución microelectrónica y optoelectrónica y de la propia miniaturización de los circuitos integrados [técnicas ASIC y FPGA]. La digitalización de los sistemas telefónicos formó parte de una secuencia tecnológica que incluyó esta **convergencia digital** y, además, coincidió con la tendencia de instrumentación de sistemas de mayor inteligencia injertados como elementos de red [multiplexores y nodos de red inteligente, por ejemplo] todo ello ha*

contribuido a la creación de una red del futuro con servicios del futuro. La convergencia tecnológica entre la fibra óptica y SDH convergen con la digitalización para elaborar en forma recurrente algunas técnicas aún más poderosas de modulación como WDM, por ejemplo, con la idea de satisfacer la demanda de servicios de calidad y de cobertura social.

### 1.1. : LA TECNOLOGIA DIGITAL Y LA ANALOGICA

La información que viaja de un lugar a otro en un sistema de comunicación solo puede tener atributos de dos tipos: analógicos y digitales. Estos atributos pueden mezclarse y señalizar entre ellos de cuatro diferentes maneras pero, precisamente, en solo dos de estas combinaciones se da la simbiosis tecnológica. Entiéndase por simbiosis tecnológica la asociación de dos tecnologías diferentes que se favorecen mutuamente en su desarrollo. Esto quiere decir que, según la Figura 1.1, en la interfaz analógico / digital y viceversa debe existir un elemento traductor ó equipo de interoperación [CAD y CDA].



**FIGURA 1.1: TECNOLOGIA DIGITAL Y ANALOGICA**

En realidad, los sistemas de conversión analógico-digital CAD y la conversión digital-analógica CDA son diseños surgidos para transferir información analógica [magnitudes eléctricas, mecánicas, imagen etc.] e interactuar con subsistemas que procesan información digital; de igual manera, los transductores que convierten y procesan la información digital interactúan con el mundo analógico transfiriendo la información analógica. En los sistemas de comunicación la innovación tecnológica provocó la evolución, mejoró y optimizó a los sistemas de conversión en lo que concierne al procesamiento de la señal analógica; digitalizó la información bajo procesos de filtrado, de muestreo de la señal y minimización de errores de cuantificación, además, le dio forma a la señal al codificar la secuencia de bits La digitalización de las redes públicas de telecomunicaciones enriqueció la convergencia digital C & C y obligó a los gobiernos a modificar los esquemas regulatorios de prestación de servicios para favorecer las inversiones en el sector de las telecomunicaciones. La digitalización, es por sí misma un factor de garantía para los operadores de red que **ofertan calidad en forma de servicios**, y cantidad de servicios como una respuesta inmediata a la demanda de los mismos bajo un esquema de minimización de los costos marginales de producción que, en teoría, favorecerían la reducción de tarifas de los mismos servicios.. Los rendimientos crecientes de ganancias y productividades obtenidas por el operador son debidas fundamentalmente a la digitalización y a la intervención desequilibrante de insumos tecnológicos en forma de inversiones.

Cabe señalar que la tendencia de la tecnología digital es sustituir por fases a la tecnología analógica en los sistemas de telecomunicaciones

- sustitución de equipos de conmutación analógica
- sustitución de equipos de transmisión ó transporte analógico
- sustitución de redes acceso de abonado con técnicas híbridas, alámbricas e inalámbricas

Aquí el interés de la ingeniería electrónica es el tratamiento que se da a las señales en forma de voltaje o de corrientes eléctricas en todas las interfaz telefónicas que agrupadas conforman un sistema de comunicación. Es decir, las interfaz UNI, las interfaz NNI y todas las interfaces que están contenidas en los siete niveles del modelo de referencia OSI.

## 1.2: SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES EN TELECOMUNICACIONES

Los conceptos de señal y sistema están indisolublemente unidos en diversas ciencias y tecnologías, por ejemplo: en la acústica, procesamiento de voz, sismología, ingeniería biomédica ó sistemas de control. En comunicaciones la señal es una connotación del sistema, es decir, la presencia de señales en un medio ó canal de comunicación implica la existencia del propio sistema de comunicación; la señal como un elemento del sistema esta subordinada a este, aunque en un sentido específico de la comunicación igualmente esta en coordinación con el mismo sistema. Las señales en un sistema de comunicación suelen ser voltajes o corrientes en función del tiempo, contienen información acerca de la naturaleza o comportamiento de tres fenómenos esenciales para un sistema de comunicación: la voz, el vídeo y los datos VVD. Figura 1.2.

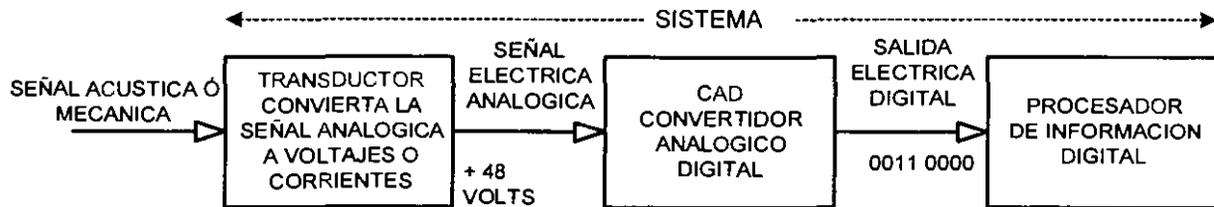


FIGURA 1.2: CONVERSION ANALÓGICO DIGITAL

La importancia de los conceptos señal y sistema proviene no solo de la diversidad de fenómenos o procesos en donde aparecen, sino también del conjunto de ideas, técnicas de análisis y metodologías que han sido y están siendo desarrolladas y empleadas para resolver los problemas que involucran a señales y sistemas. Las Transformadas de Fourier en el análisis de **señales en el dominio de la frecuencia**, la Transformada de Laplace en el análisis de **señales en el dominio del tiempo continuo** y la Transformada Z para análisis de **señales de tiempo discreto** estas tres herramientas ingenieriles van al fondo de las teorías correspondientes en estudios específicos de la ingeniería de comunicaciones. Abordar las telecomunicaciones con estas teorías matemáticas requiere de un tema mas complejo y extenso que el nuestro.

Un sistema de comunicación depende de la relación bidireccional establecida entre su elemento transmisor y su elemento receptor para transferir señales de voz, señales de vídeo y señales de datos VVD. La sinergia C & C ha producido que, en el fenómeno de la comunicación no exista diferencias fundamentales entre la transmisión de voz, de datos y de vídeo pues el "procesamiento de la información" solo demanda un requisito básico: la digitalización de la información, es decir, el cambio de formatos de las señales originales a un formato de palabras digitales en forma de código binario [digital]. Las ondas sonoras, los mensajes alfanuméricos y las imágenes de vídeo son convertidas a señales eléctricas que viajan de un punto origen a un punto destino en forma de:

- señales analógicas ó señales continuas en el tiempo ó
- como señales digitales ó discretas en el tiempo

En los sistemas de telecomunicaciones que incluyen redes públicas difusas LAN, WAN ó MAN y la Red Mundial de Información WWW [World Wide Web] persisten dos propósitos inacabados e implícitos: minimizar los espacios y los tiempos usados en el proceso de la comunicación, es decir, lograr la instantaneidad a pesar de las fronteras

### DATOS

|         |            | ANALOGICOS         | DIGTALES  |
|---------|------------|--------------------|---|
| SEÑALES | ANALOGICOS | AM<br>FM<br>PM     | ASK<br>FSK<br>PSK<br>MSK<br>DPSK  |
|         | DIGTALES   | PAM<br>PCM<br>DPCM | CODIGOS:<br>MANCHESTER,<br>MANCHESTER<br>DIFERENCIAL<br>HDB3,<br>AMI,NRZ,7B8B |

FIGURA 1.3: ESTRATEGIAS DE TRANSMISION DE DATOS Y SEÑALES

nacionales. **Acercar a los usuarios, hacer común la información en forma instantánea.** Hoy la relación espacio-tiempo sufre una mutación profunda sin retorno. La distancia y sus efectos ya no son un problema para la "telecomunicación" **porque la digitalización de las señales y la tecnología de las modulaciones analógicas y digitales** se han encargado de minimizar.

Las estrategias para transmitir datos analógicos ó digitales con señales analógicas ó digitales esta representada en la matriz binaria de la Figura 1.3, la cual representa a las formas de transmisión analógica y digital utilizadas por los sistemas de telecomunicaciones en la transferencia de VVD.

**La transmisión analógica** es una forma de transmitir las señales analógicas **independientemente de su contenido**; las señales pueden representar datos analógicos [por ejemplo voz] o datos digitales [por ejemplo los datos binarios que pasan a través de un modem]. En cualquier caso, la señal analógica se ira debilitando [atenuándose] con la distancia. Para conseguir distancias más largas, el sistema de transmisión analógico incluye amplificadores que inyectan energía a la señal [e inclusive ruido]. Para conseguir distancias mayores, al utilizar amplificadores en cascada, la señal se distorsiona cada vez mas. Para datos analógicos, como la voz, se pueden tolerar distorsiones pequeñas, ya que en este caso los datos siguen siendo **inteligibles**. Sin embargo, para los datos digitales los amplificadores en cascada introducen errores. **La transmisión analógica se basa en una señal continua de frecuencia constante llamada portadora.** La frecuencia de la portadora se elige para que sea compatible con las características del medio que se vaya a utilizar. Los datos se pueden transmitir modulando la señal portadora, donde por modulación se entiende el proceso de codificar los datos generados por la fuente, en la señal portadora de frecuencia  $F_c$ . **Todas las técnicas de modulación implican la modificación de uno o mas de los parámetros fundamentales de la portadora [amplitud, frecuencia y fase].** Figura 1.4

**La transmisión digital** es **dependiente del contenido** de la señal. Una señal digital solo puede transmitirse a una distancia limitada, ya que la atenuación y otros aspectos negativos pueden introducir errores en los datos transmitidos, para conseguir distancias mayores se usan repetidores. Un repetidor recibe la señal digital, regenera el patrón de "unos" y "ceros" y los retransmite. De esta manera se evita la atenuación

Con una señal analógica se puede usar la mismas técnica anterior si la señal transmitida transporta datos digitales. El sistema de transmisión tiene repetidores adecuadamente espaciados en lugar de amplificadores. Dichos repetidores recuperan los datos digitales a partir de la señal analógica y genera una señal analógica limpia ó pura de armónicos. De esta manera el ruido no es aditivo.

Obviamente se elige la transmisión digital sobre la transmisión analógica porque es técnica y económicamente superior por varias razones:

- ❑ La microelectrónica a gran escala de la tecnología VLSI ha reducido los costos de producción de circuitos integrados utilizados en los subsistemas de comunicación [multiplexores, moduladores, detectores, receptores, transmisores, etc.]. Facilitando así el procesamiento distribuido.
- ❑ El uso de multiplexores digitales con técnicas TDM y STDM incrementan la capacidad y el uso eficaz del ancho de banda en medios de transmisión guiados y no guiados de banda ancha.
- ❑ Con el tratamiento digital de los datos analógicos y digitales, todas las señales se pueden tratar en forma similar. Permitiendo así, la integración de voz, vídeo y datos VVD usando la misma infraestructura de red.

**El proceso de modulación para señales de tiempo continuo y tiempo discreto,** ver Figura 1.3 y Figura 1.4, juega un papel primordial en los sistemas de ingeniería de las comunicaciones Un sistema de modulación [analógico ó digital] es aquel en el que se emplea una señal para controlar algún parámetro de otra señal. Se aplica, por ejemplo, para proteger señales  $X [ t ]$  de audio ó música de rango de frecuencias audible [de 10 Hz a 20 KHz] al modularla [multiplicarla] por una señal portadora  $C [ t ]$  lo que permite eludir el efecto de la distancia [y por tanto, de la atenuación] a bajas frecuencias pero, facilitando la propagación de señales de frecuencias portadoras e inclusive permitiendo transmitir varias señales multiplexadas por un canal de comunicación.

NOTA: Las Figuras 1.4 A y 1.4 B esquematizan los procesos de [de]modulación y las ecuaciones que definen el modo de transmitir ó recibir una señal. El principio de sincronización se conserva si el factor  $[ \theta_c - \phi_c ]$  no varia . La demodulación que utiliza una señal portadora sincronizada en fase con la portadora del modulador se conoce como demodulación sincrona ó, si quiere evitarse, se usa la demodulación asincrona.

FIGURA 1.4A:  
PROCESO DE  
MODULACION

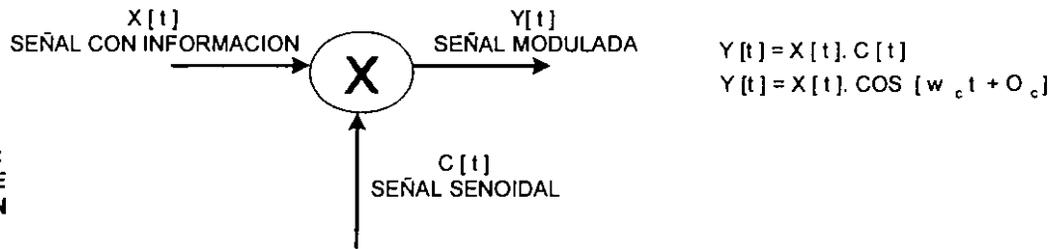
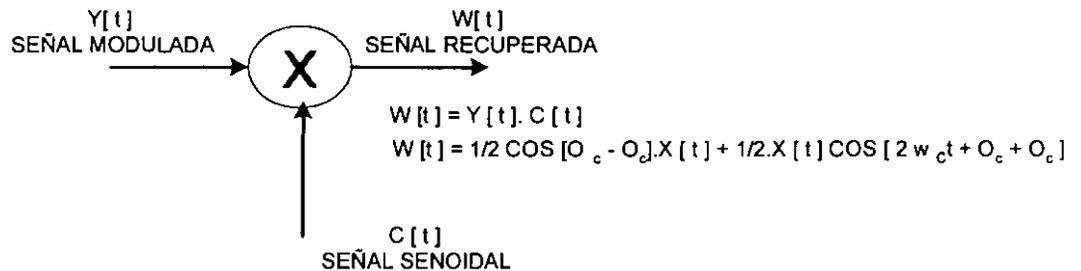


FIGURA 1.4B:  
PROCESO DE  
DEMULACION



Si los osciladores [VCO en PLL] en el modulador y demodulador mantienen la relación de fase  $\theta_c = \phi_c$  la salida del filtro pasobajas  $Y[t] = X[t]$  en donde  $\theta_c$  es la fase de la señal moduladora y  $\phi_c$  es la fase de la señal demoduladora.

La aplicación del proceso de modulación incluyen los casos en que los osciladores utilizados en el modulador y demodulador son generadores de pulsos de muestreo ó cuando la modulación es de tipo digital, por ejemplo, PCM ú otro técnica similar.

El propio concepto de modulación analógica ó digital en los sistemas de tiempo continuo y tiempo discreto es la llave para instrumentar la técnica de multiplexaje por división de frecuencia FDM y multiplexaje por división en el Tiempo TDM. En conclusión la necesidad básica de la modulación surge por dos razones:

- Trasladar la señales de baja frecuencia para ser moduladas por una portadora de frecuencia mayor. Usar como señal portadora trenes de pulsos con un tiempo de duración  $\Delta t$  repetidos cada T segundos para modular la amplitud de una información. Figura 1.5
- Y, transmitir simultáneamente a través de un solo canal de banda ancha asignando espacios de frecuencia  $\Delta f$  ó de tiempo  $\Delta t$  a varios canales individuales multiplexados en frecuencia o en tiempo

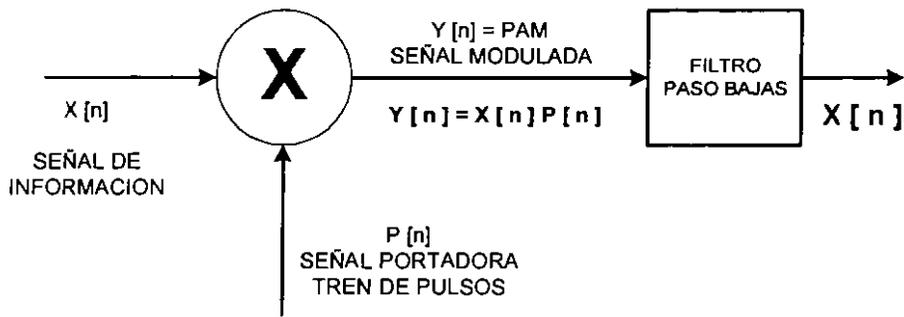


FIGURA 1.5: MODULACION EN TIEMPO DISCRETO

Toda esta sección puede sintetizarse en que el mundo de las señales de tiempo continuo ó analógico  $X [ t ]$  son primero convertidas a señales de tiempo discreto que son procesadas como información digital en un procesador ó computadora para que posteriormente estas mismas señales sean entregadas al sistema de comunicación en forma de señales analógicas  $Y [ t ]$ . Todo en una secuencia de estricto control temporal con osciladores de estabilidad limitada.

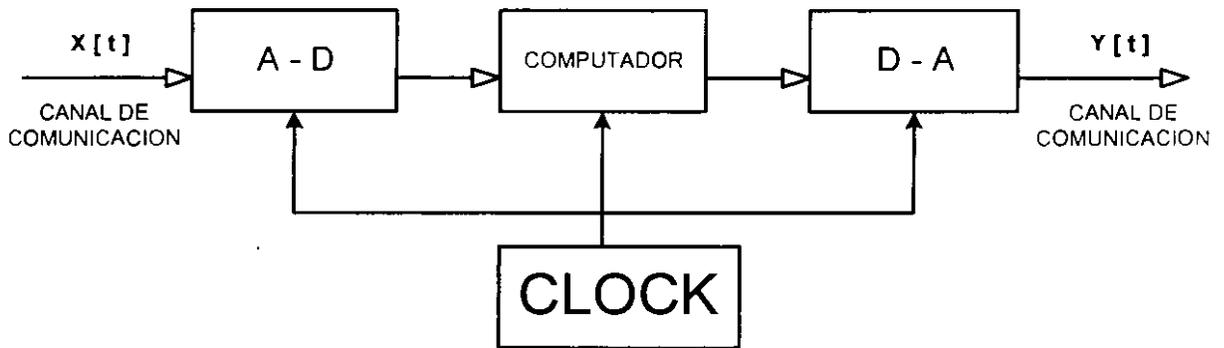


FIGURA 1.6. RELACION C & C Y LA VARIABLE TEMPORAL

### 1.3 TRANSMISION DE DATOS ANALOGICOS Y DIGITALES

La transmisión de datos debe considerar la naturaleza analógica ó digital de los datos, es decir, la forma en que estos se propagan o se atenúan, el procesamiento y ajustes que necesitan a lo largo de la trayectoria y el aseguramiento de la inteligibilidad en la recepción.

Los datos son entidades que transportan información y las señales son codificaciones eléctricas ó electromagnéticas de los datos. La señalización es la propagación de las señales a través de los medios guiados ó no guiados para establecer, mantener ó liberar enlaces de comunicación conforme hallan adquirido mas conocimiento pueden considerarse como sistemas de señalización inteligentes, como los protocolos de señalización SSCC # 7, TCP/IP, DSS1 etc.

Los datos analógicos son intensidades continuas de voltajes o corrientes eléctricas que son previamente traducidos a un formato eléctrico por medio de transductores específicos. La transmisión analógica es una forma de transmitir las señales analógicas independientemente de su contenido; las señales pueden representar datos analógicos [voz] o datos digitales. En cualquier caso la señal analógica se ira debilitando con la distancia. La transmisión digital, por lo contrario, es dependiente del contenido binario de la señal.

|                 | TRANSMISION ANALOGICA   | TRANSMISION DIGITAL   |
|-----------------|---|---|
| SEÑAL ANALOGICA | Se propaga a través de amplificadores                           | Se propaga a través de repetidores<br>Los datos digitales se obtienen de la señal de entrada y se usan para regenerar una nueva señal analógica de salida   |
| SEÑAL DIGITAL   | No se usa<br>[No confundir con el funcionamiento de los modems] | La señal digital es una secuencia de "1" y "0" que representan datos digitales ó datos analógicos convertidos a digitales.<br>Se usan repetidores de secuencias lógicas entregados como salidas digitales |

## 1.4 TECNICAS DE CONMUTACION

La tecnología de la conmutación de señales de voz, vídeo y datos VVD ha evolucionado desde los viejos sistemas telefónicos de tecnología analógica hasta las innovaciones liberadas por la tecnología digital. La comprensión de los viejos sistemas conmutados conllevó al entendimiento de lo que era la función "conmutación" aplicada con los engranes y el motor en los equipos electromecánicos de rotación y penetración [Strowger]; asimismo, era perceptible como se conceptualizaba la función "de relevo" inherente al relevador electromagnético [Crossbar] en la secuencia de "cierres" y "aberturas" de contactos que permitían el paso ó bloqueo de determinadas señales. Ambos procesos eran capaces de almacenar información de números, señales y secuencias de operación notablemente visibles en el *tiempo* y en el *espacio*. Cualquier técnico en sistemas de conmutación telefónica podía percibir la naturaleza de la conmutación telefónica. Con la consumación de las reglas lógicas establecidas en las Teorías de G. Boole [1847] y los Teoremas de De Morgan y su concurrencia con la tecnología del transistor se crearon los sistemas "lógicos combinatorios y secuenciales" que son el fundamento de la electrónica digital. El circuito lógico y, en sí, el mismo transistor engendró una nueva forma de "conmutación" paradigmática: la conmutación espacio-temporal.

La conmutación digital tuvo su propia evolución. El desarrollo tecnológico del transistor permitió a los proveedores elaborar equipos de conmutación y redes de conmutación que permitieran el control digital de los procesos de comunicación, es decir, el control digital de las llamadas telefónicas como circuitos conmutados, el control virtual de la conmutación por paquetes ó celdas de datos y la conmutación de mensajes ó datagramas. Las técnicas de conmutación pueden clasificarse según el tipo de señal que transporta la red analógica ó digital. Figura 1.7

Cabe mencionar que el impacto de los diseños de lógica secuencial síncrona y lógica secuencial asíncrona, así como la miniaturización de los sistemas integrados y la propia simulación de estos ha sido determinante para la elección de temas como ATM [sistema asíncrono], SDH [sistema síncrono] como la temporización en sistemas de comunicación SC con sistemas de sincronización [SS], capítulos 2,3 y 7.

|                    |   | TECNICAS DE CONMUTACION  |                |
|--------------------|---|--|----------------|
|                    |   | POR CIRCUITOS  | POR PAQUETES * |
| SEÑALES ANALOGICAS | TRAYECTORIA FISICA FIJA, CANAL DE VOZ CON ANCHO DE BANDA FIJO [64 Kb/seg]   |  | NO EXISTE      |
| SEÑALES DIGITALES  | TRAYECTORIA FISICA FIJA LA SEÑAL DIGITAL ES MODULADA POR LA SEÑAL ANALOGICA | ALMACENA, RECIBE Y TRANSFIERE ESTRUCTURA DE DATOS ENTRE NODOS DE CONMUTACION DIGITAL |                |

**PAQUETES \* :** ESTE TIPO DE CONMUTACION PUEDE SER POR CIRCUITO VIRTUAL [CONEXION LOGICA] O POR DATAGRAMAS EN EL PRIMER CASO LA CONEXION PUEDE DESAPARECER O NO DEPENDIENDO DEL PROCESO DE LIBERACIÓN DEL CIRCUITO

FIGURA 1.7: TECNICAS DE CONMUTACION DIGITAL

El equipamiento de los equipos de conmutación digital conocidas como centrales telefónicas esta constituido por diversos subsistemas con dispositivos ó tarjetas digitales que contienen toda la lógica y el control para recibir y transmitir trenes digitales de información ó estructura de datos considerados como tramas protocolarias de comunicación.

El "Switch" ó conmutador es un dispositivo de conmutación crecientemente digitalizable que puede combinar dos técnicas de conmutación diferentes para realizar las funciones de conmutación espacial y temporal.

El nuevo paradigma de la conmutación ATM tiene un significado relevante y determinante en la integración de aplicaciones VVD, en la creación de redes de banda ancha y en la gestión de redes multidisciplinarias. Como sistema Asincrono es útil cuando es importante la velocidad de operación. Ver Figuras del Capitulo 7.

## 1.5 TECNICAS DE MULTIPLEXACION FDM, TDM, STDM Y WDM

Estas técnicas son recursos que se utilizan para hacer mas **eficiente** el uso del enlace de comunicación [punto a punto y punto multipunto] pero, también, para optimizar la **capacidad** del medio de transmisión explotando el ancho de banda según la cantidad de energía soportada por el medio. Según la naturaleza del medio se limita el ancho de banda por el cual puede transmitirse información ó mensajes como celdas ó paquetes.

La capacidad del canal de transmisión esta en función de cuatro variables : a] La velocidad de transmisión, b] El ancho de banda, c] La relación señal/ruido, d] La tasa de error BER ó probabilidad de error  $P_E$ .

En cualquier sistema de comunicación se debe de aceptar que la señal que se recibe difiere de la señal que se transmite; en las señales analógicas la distorsión, la atenuación y el ruido alteran el contenido de la señal degradando la calidad de la misma; para el caso de las señales digitales la alteración se da por "bits erróneos", es decir, los bits erróneos son contabilizados según estándares descritos por [G.821] que definen en cierta forma la probabilidad de error en el sistema de transmisión. Es imposible eliminar totalmente los errores en las redes de comunicaciones. A pesar de que la fibra óptica es muy confiable, persisten el ruido, la dispersión de Rayleigh y otros efectos indeseables.

Las técnicas de multiplexaje FDM, TDM , STDM y WDM son primordiales para la optimización de la eficiencia de los sistemas de transmisión y conmutación como para la forma de compartir la capacidad del medio de transmisión.

El termino multiplexaje esta asociado a la **compartición de la capacidad del canal**. Una aplicación usual del multiplexaje son las comunicaciones a larga distancia. Los enlaces por anillos de fibra óptica se basan fibras ópticas monomodo y multimodo de longitudes de onda 850 nm, 1300 nm y 1550 nm [índice escalonado y gradual], las cuales sirven como sustento físico para implementar la estructura jerárquica del multiplexaje basado en la velocidad binaria. Según las aplicaciones y los parámetros característicos las fibras ópticas se clasifican en dos grupos: 1] Fibras ópticas de alta calidad para uso de trayectorias en redes públicas de telecomunicaciones de larga distancia, 2] Fibras ópticas de baja calidad

por su alta dispersión utilizadas para distancias medias e instrumentación y aplicaciones médicas.

En resumen, el funcionamiento de un multiplexor esta sintetizado en la Figura 1.8, en donde "n entradas" del multiplexor están conectadas mediante un enlace de capacidad definida al demultiplexor. El enlace es capaz de transportar "n canales" independiente de datos. El multiplexor combina [multiplexa] los datos de la "n líneas" y los transmite por un enlace de mayor capacidad para que el demultiplexor entregue los canales en forma respectiva.

Las técnicas de multiplexaje minimizan los costes del sistema de transmisión y los costos de recepción y transmisión. Es decir, cuando mayor sea la capacidad de transmisión de servicio compartido, en número de canales de voz, vídeo ó datos VVD, menor es el costo por canal de información.



**FIGURA 1.8: TÉCNICAS DE MULTIPLEXION FDM, TDM, STDM, WDM.**

|      |  |
|------|--|
| FDM  | Es la técnica más utilizada en redes punto-punto y punto-multipunto [broadcasting] de radio FM, AM y televisión convencional y por cable. Con FDM se pueden multiplexar varias señales de T.V. en un cable de CATV cada una de ellas en una banda de 6 MHz. El enorme ancho de banda disponible en un cable coaxial [hasta 500 MHz] con FDM se puede transportar simultáneamente decenas de señales de T.V.. El uso de radiofrecuencias para transmitir T.V. u otro tipo de señal también se efectúa por FDM con un medio no guiado. FDM puede usarse en modo síncrono ó asíncrono   |
| TDM  | Esta técnica de multiplexión síncrona es útil para transmitir señales digitales ó analógicas que transporten señales digitales. Mezcla entradas con diferentes tasas de bits [por ejemplo: 9.6 Kbits/seg con 64 Kbits/seg u otra diferente. Cada dato proveniente de una fuente analógica es muestreada a un frecuencia de 8000 Hz dividiendo en "slots" una trama de tiempo de duración de 125 microsegundos. Si la fuente de datos es digital estos son almacenado secuencialmente en memorias temporales [buffer], el flujo de datos se organiza en colas de espera [queueing] para determinar la salida correspondiente. |
| STDM | Esta técnica de multiplexaje estadístico [asíncrona e inteligente] es una alternativa a la TDM síncrona. Es sobretodo mas eficiente cuando se tiene una carga "suave". Esta técnica aprovecha con mayor eficiencia el ancho de banda asignado bajo demanda ya que aprovecha el hecho de que los dispositivos conectados a la entrada no transmiten todo el tiempo. La tasa de datos transmitida hacia el enlace multiplexado es menor que la suma de las tasas de las entradas. Un multiplexor estadístico puede utilizar una razón de datos menor aun teniendo el mismo número de entradas que un multiplexor síncrono      |
| WDM  | Esta técnica de multiplexaje de longitud de onda, al igual que las anteriores, mejora la eficiencia de la transmisión pero, también, optimiza la capacidad de la fibra óptica utilizada como de canal de transporte al modular las longitudes de onda de los emisores ópticos a través de arreglos de redes ópticas en estrella, anillo ó arbol. [Broadcast-and-Select WDMA Networks y Wavelength-Routing WDMA Networks]. es una técnica relativamente nueva pero ya utilizada en las redes publicas de telecomunicaciones de Telmex S.A. de C.V. y Avantel. con amplificadores ópticos y lo regeneradores.                  |

**NOTA:** Cada una de estas técnicas de multiplexación tienen la particularidad de ser usadas tanto en las redes de transporte como en las redes de acceso al usuario a través de las interfaz NNI y UNI, como técnicas de acceso al medio de transporte: TDMA, FDMA y WDMA

## 1.6 MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS

Los primeros sistemas telefónicos de inicio de siglo fueron desarrollados pensando en aprovechar y sustituir funcionalmente a los sistemas telegráficos, ya que estos, poseían atributos "sui géneris" que motivaron investigaciones tendientes para que fueran aplicados en los "nuevos sistemas telefónicos". Estos sistemas telefónicos se edificaron en razón de los sistemas telegráficos bajo el eje paradigmático voz → signos [1876-1926] y signos → voz [1936 - 2000]. Esto quiere decir que la teoría los sistemas telegráficos [S. Morse, 1837] desarrollada para la transmisión de mensajes a distancia mediante señales codificadas, por electricidad ó por ondas hertzianas [G. Marconi, 1901] retornaron al punto de partida. Lo que se hizo en 1837 hoy es parte esencial de la digitalización de las redes públicas de telecomunicaciones.

La filosofía de los sistemas telegráficos consistía [consiste] en codificar las letras del alfabeto como una combinación digital de "puntos" y "rayas" para cumplir con el objetivo de transmitir mensajes de información a larga distancia [Código Morse].

El sistema de modulación por pulsos codificados PCM desarrollados inicialmente por P.M. Rainey [1926] agrego el conocimiento desarrollado en otras áreas, como el caso de la acústica que ayudo a definir los "umbrales de sensibilidad del oído" en un rango de 10 Hz a 3200 Hz ó, los propios estudios de H. Nyquist [1924, 1928] acerca del ruido en conductores de cobre, y lo mas trascendental, establecer la relación ancho de banda y la velocidad de señalización: "dado un canal pasobajas de ancho de banda B, es posible transmitir símbolos independientes a una velocidad de  $r \leq 2B$  símbolos por segundo sin interferencia intersimbolica. No es posible transmitir símbolos independientes a  $r > 2B$ ."

El teorema de muestreo de Nyquist se instituyo como el alma de la técnica PCM.

Para 1936 la esencia de esta técnica de modulación estaría basada en: a] el muestreo de las señales analógicas, b] la técnica de multiplexión por división en el tiempo TDM y, c] la transmisión digital de señales codificadas. En 1937 A.H. Reeves trabaja en París en el LCT de Paris Laboratory en la International Telephone and Telegraph Corporation para relacionar la idea concebida del PCM con la transmisión digital. En 1938 es solicitada la patente a la French Patent en Francia, en 1939 y 1942 a las instancias respectivas Británicas y de Estados Unidos. Y es hasta 1948 cuando la Bell Telephone Laboratories

inicia su implementación, pone en ejecución el primer sistema de transmisión digital. El advenimiento del transistor [ Haynes and Shockley y Bartee, 1949-1951 en los mismos Laboratorios Bell] inician experimentos que se consuman en 1956 y que culminan en 1962 con la introducción del PCM por la American Telephone and Telegraph Corporation entonces varias compañías y telefónicas introducen en sus redes analógicas elementos de multiplexaje en las estaciones terminales y amplificadores de línea en la red de transmisión. Las circunstancias en que se da la investigación y el desarrollo de esta técnica impacta de diferente manera y se crean dos tipos de estándares: a) el sistema Europeo y b) el sistema AT&T [EU]. El empleo de esta técnica de multiplexaje en EU, Japón y Europa definieron los estándares en cuanto a la velocidad y capacidad de los sistemas de primer orden y los tipos de codificación y niveles de cuantificación utilizados Ver Tabla 1.1

Los sistemas PCM se emplean principalmente para aumentar el numero de circuitos telefónicos entre centrales telefónicas locales y de transito

Para entonces, el Teorema de Nyquist se constituyó en una norma fundamental que instituye dos elementos básicos: A] la velocidad de muestreo debe ser cuando menos el doble de la máxima frecuencia contenida en el espectro de la señal analógica que se muestrea, B] La duración de la muestra de 30 ó 24 canales de voz es de 125µ segundos

**TABLA 1.1 ATRIBUTOS BASICOS DEL SISTEMA PCM**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Frecuencia de muestreo | $F_s = 2 [4000 \text{ Hz}] = 8000 \text{ Hz [ciclos / segundo]}$ |
| Tiempo de muestreo     | $T_s = 1 / F_s = 125 \mu \text{ segundos}$                       |

| SISTEMA TELEFONICO [circuitos de voz] | CAPACIDAD DE MULTIPLEXOR [PRIMER ORDEN] | LEYES DE CODIFICACION Y CUANTIZACION                             | CANAL DE SINCORNIZACION Y SEÑALIZACION   |
|---------------------------------------|---|--|--|
| SISTEMA EUROPEO                       | 30 canales de voz [30 slot de tiempo]   | LEY A , ocho bits<br>256 niveles de cuantificación no lineal     | CANAL 0, SINCRONIA<br>CANAL 16 SEÑALIZACION  |
| SISTEMA EU Y JAPON                    | 24 canales de voz [24 slot de tiempo]   | LEY $\mu$ , ocho bits<br>256 niveles de cuantificación no lineal | SEÑALIZACION POR ROBO DE CUATRO BITS DE UN CANAL DE VOZ<br>CANAL 24 PARA ALINEACION DE TRAMA |

| TASA DE VELOCIDAD EN SISTEMA EUROPEO   |   | TASA DE VELOCIDAD EN SISTEMA EU JAPON  |   |
|--|---|--|---|
| <b>CANAL DE VOZ</b><br>8000 muestras/ seg.<br>por palabra de 8 bits<br>= 64 Kbits / seg. | <b>TRAMA</b><br>32 canales de voz de<br>64 Kbits / seg.<br>2048 Kbits / seg. =<br>256 bits en<br>125 $\mu$ segundos | <b>CANAL DE VOZ</b><br>8000 muestras/ seg.<br>por palabra de 8 bits<br>= 64 Kbits / seg. | <b>TRAMA</b><br>24 canales de voz de<br>64 Kbits/seg.<br>1544 Kbits / seg. =<br>193 bits en<br>125 $\mu$ segundos |

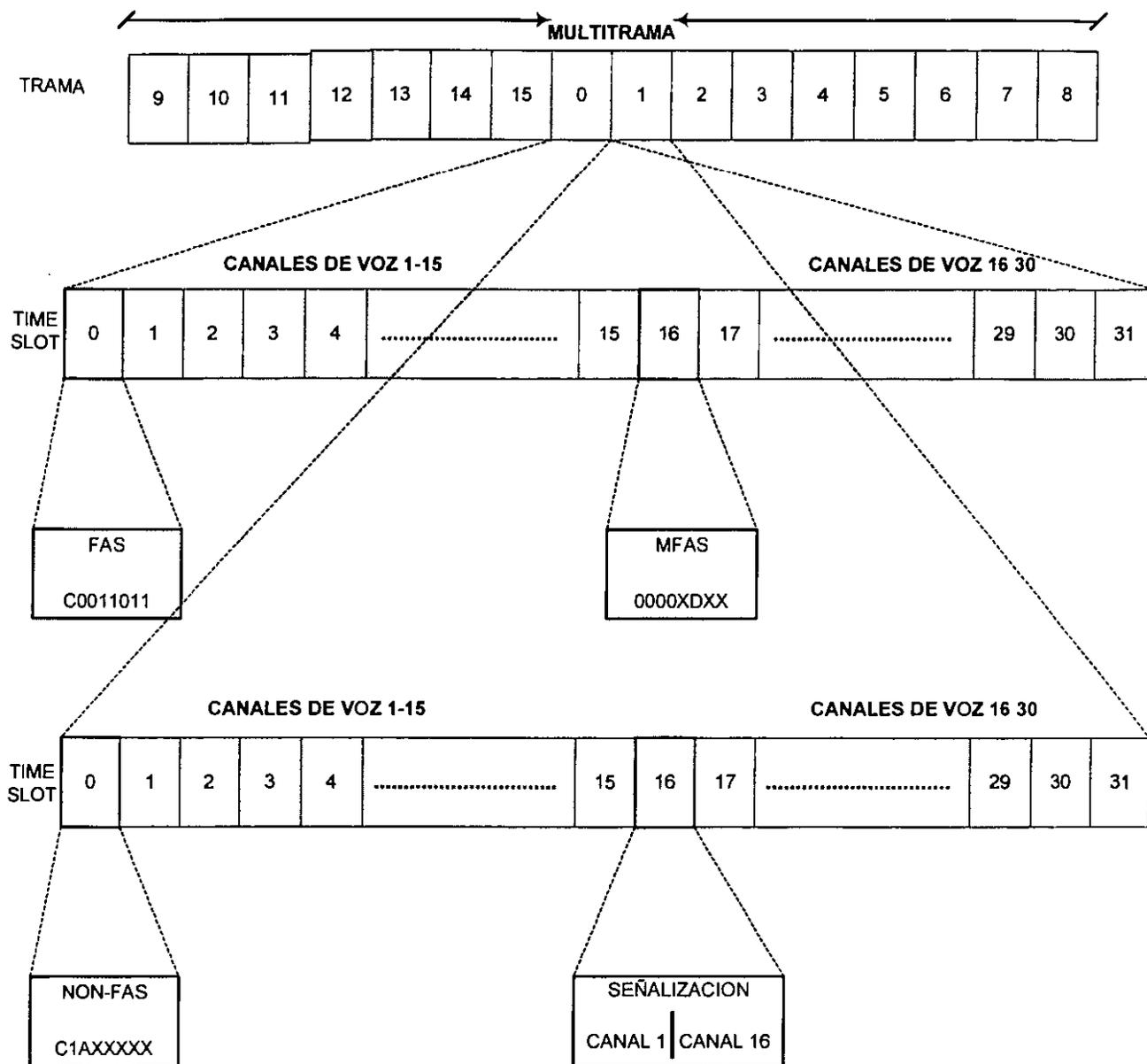
Los pulsos que se generan y se procesan en un sistema PCM están basados en intervalos de tiempo "slot" que surgen del proceso de muestreo de las señales analógicas y en intervalos de tramas y multitrama. Una trama es el tiempo entre dos muestras de 125  $\mu$ segundos de duración.

El sistema europeo utilizado como estándar en México proporciona 30 canales de voz muestreados a la velocidad de 8000 muestras por segundo, el sistema incluye, también, dos canales adicionales: el canal cero usado para el alineamiento ó sincronización de la trama y el canal 16 utilizado para la señalización [por canal asociado y canal común].

- El tiempo de duración de una trama es = 125  $\mu$ seg
- El tiempo de muestreo de un canal = 125  $\mu$ seg. / 32 intervalos de tiempo = 3.91  $\mu$ seg
- El tiempo de duración de un bit es = 3.91  $\mu$ seg / 8 bits [palabra digital] = 0.488  $\mu$ seg = 488  $\eta$ seg = 1 IU [Intervalo Unitario en Jitter] \*\*\*
- La capacidad de bits / seg. de una trama es = 8000 x 32 x 8 tramas / seg x canales / trama x bits / canal.
- El tiempo de duración de una multitrama es = 16 tramas x 125  $\mu$ seg = 2 milisegundos.

\*\*\* De suma importancia para el control de fluctuaciones, por tanto, de la sincronía.

FIGURA 1.9: ESTRUCTURA DE TRAMA Y MULTITRAMA EN UN SISTEMA PCM, CON BITS DE SINCRONIA Y SEÑALIZACION



C: CRC 4 BITS  
 FAS: SEÑAL DE ALINEAMIENTO DE TRAMA  
 MFAS: SEÑAL DE ALINEAMIENTO DE MULTITRAMA  
 D: INDICACION DE ALARMA REMOTA DE MULTITRAMA  
 A: INDICACION DE ALARMA REMOTA AIS

## 1-7 MODELO OSI Y LAS REDES DIGITALES

En el siglo XX los sistemas de comunicación precedieron a los sistemas de computación, por lo cual, puede afirmarse que los estándares para definir las características físicas, mecánicas y los procedimientos protocolarios de todos los equipos de comunicación aplicados a las redes de telecomunicaciones públicas fueron el sustento para el desarrollo de la industria de la computación. Mientras que los productores de equipos de comunicación reconocían que sus equipos, en general, deberían interconectarse y comunicarse con los equipos desarrollados por otro proveedor los fabricantes de computadoras trataban de monopolizar a los clientes haciéndolos depender de la tecnología. La heterogeneidad de equipos de computo instalada y la diversidad de estándares obligo en 1977 a establecer a la ISO un subcomite para desarrollar una arquitectura propicia para interconectar sistemas abiertos dando como resultado el Modelo de Referencia OSI, el cual se publico en 1984.

Este modelo aseguro la presencia de los estándares en el mercado del sector de las telecomunicaciones y posibilito el desarrollo tecnológico de hardware, software, firmware y los sistemas operativos en los sistemas de comunicaciones.

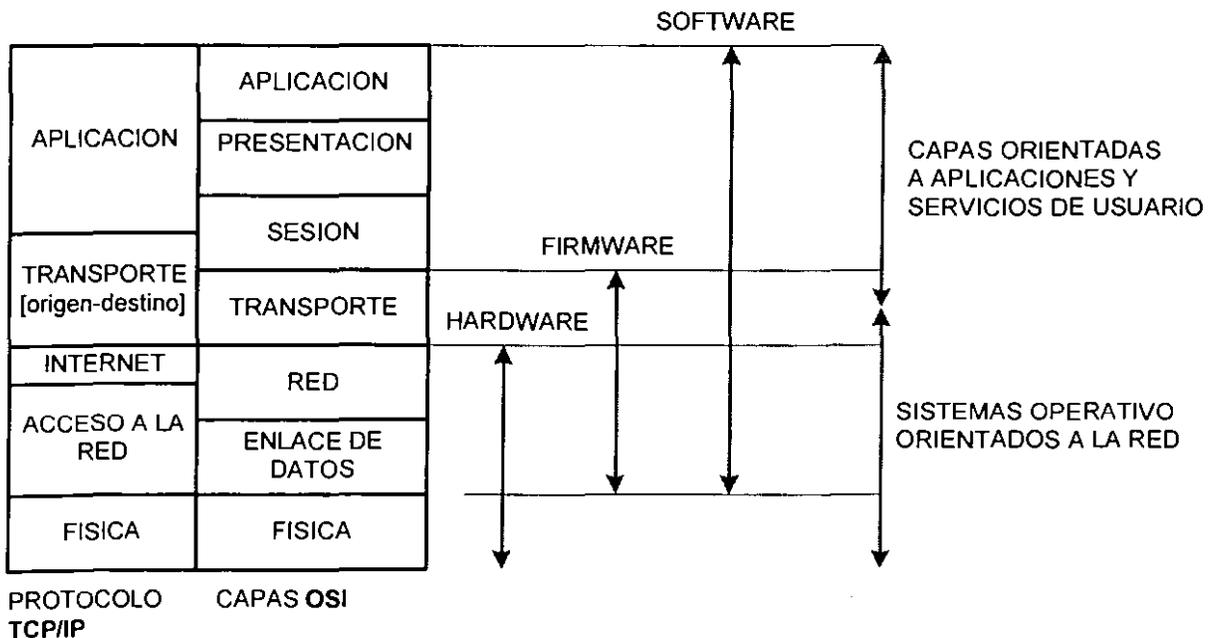


FIGURA 1.10: MODELO OSI Y UN EJEMPLO DE INTERCONECTIVIDAD

## CAPITULO 2 MODELO DE SINCRONIZACION

Así como la entropía es una medida de desorganización, la información, que suministra un conjunto de mensajes, es una medida de organización  
Norbert Wiener

PROVERBIO: "TEMPORIS FILTA VERITAS"  
[La verdad es la hija del tiempo]  
Cronometría, Lothar M. Loske.

### 2.1 LA SINCRONIA EN UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN [SC].

Para la comprensión estricta de los modos de funcionamiento de redes de servicios de telecomunicaciones se tienen que ubicar ó localizar dentro de los diversos esquemas de configuración de red a: [1] Los sistemas matriciales de conmutación digital espacio-temporal ó nodos de conmutación y transporte, los almacenes temporales ó memorias elásticas ó intermedias ["buffers"], [2] Los multiplexores digitales TDM sincronos ó STDM asíncronos ó inteligentes de diversas características con sus respectivos codificadores y decodificadores de transmisión y recepción, e inclusive, [3] Los protocolos de enlace sincronos ó asíncronos que controlan los flujos de información contenida según el formato de estructurado de sus tramas. Asimismo, todo lo referente a las especificaciones del tipo de cableados, fibras ópticas ó cualquier otro medio de transmisión guiado ó no guiado usado para cubrir grandes distancias físicas en las que se da la difusión de las redes de telecomunicaciones. Evidentemente esto incluye a las redes satelitales, redes de telefonía alámbrica e inalámbrica relacionadas con redes tipo LAN, MAN ó WAN.

Otros aspectos connotados, como la atenuación que es una función de la distancias que separan al emisor del receptor también impacta a los retrasos de las señales [Figura 2.1]. En fin, para el análisis de un subsistema de sincronización, contemporizador de un sistema de comunicación, deben considerarse todos los elementos de una red sus degradaciones y sus causas, como sus efectos.

El diseño de las Redes Públicas de Telecomunicaciones debe cumplir ciertos estándares y requisitos considerados en los Planes Fundamentales de Conmutación, Transmisión y Sincronización elaborados por las propios operadores y autorizados por la COFETEL Un parámetro comparativo en los medios guiados es la atenuación, la cual, es determinante para la sincronía pues, las señales recibidas deben tener suficiente energía

para que la electrónica del receptor pueda detectar sus umbrales de voltaje e interpretarlos correctamente para mantener el control del sistema de somunicación. Solo así la sincronización puede armonizar y dar vida al funcionamiento de las diversas redes.

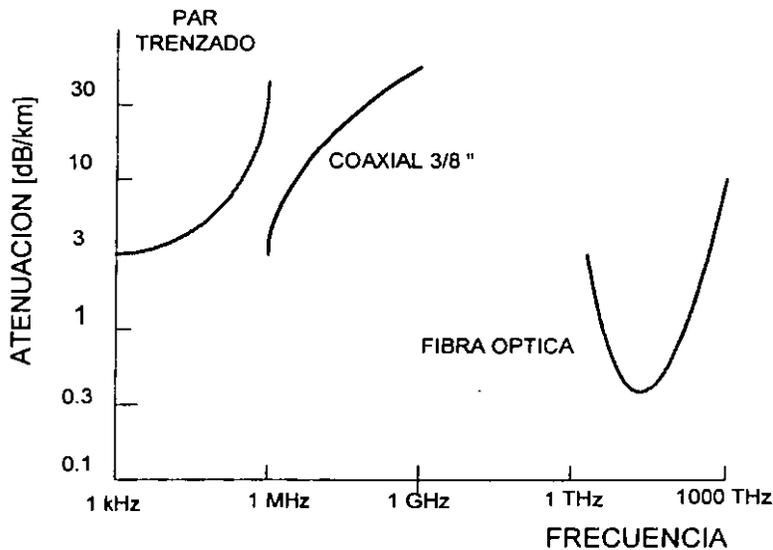


FIGURA 2.1

Bordar en realce es considerar sumamente relevante el tratamiento temporal de las señales en los sistemas de comunicación: [a] En los sistemas de señalización digital, analógicos ó de código, [b] En el control y flujo de los mensajes ó unidades de señalización ó tramas de los protocolos de comunicación y, [c] En la detección de bytes ó bits de la información digital y de señales analógica, de paquetes o celdas y, d] En los tiempos de acceso al medio de transmisión de una red FDDI, por ejemplo. El objetivo común, en estos casos, es que la señal ó información que llegue al módulo receptor, se detecte y se interprete con alta fidelidad para que sirva en todo tipo de transacción ó intercambio de datos ó información. En todos los procesos de comunicación es fundamental y vital la presencia de un proceso de sincronización.

Sobretudo, cuando se sobreentiende que el concepto "información" proviene del latín "in formare" y, que se utiliza penetrando al interior de los sistemas, ahí se constituye en una medida del "conocimiento aprehendido", tan útil como necesario para la interactividad de los sistemas de comunicación SC, es decir, útil en tiempo y en espacio al dialogo ó al intercambio de señales programadas por los protocolos y que tienen un

secuenciamiento y objetivos comunes: la conectividad, la liberación y el establecimiento de las llamadas telefónicas para voz, vídeo o datos entre máquinas y personas. La eficiencia de la conexión ó enlaces, y de las redes públicas de telecomunicaciones es una consecuencia de la armonía con que "trabajan" todos los elementos de una red, incluyendo, al propio sistema de sincronización SS que debería concebirse no como una estructura jerárquica sino como un subsistema cooperativo y complementario integrado a un sistema de comunicación SC. En los enlaces la armonía da la cadencia y el ritmo a las señales digitales, es parte y es compañera de la "inteligencia" distribuida que insertada en los protocolos orientados a conexión va en búsqueda de la mínima probabilidad de error en la red. Esta relevancia es esencial para todo sistema telemático, [telecomunicación +informática] vinculado por su propia naturaleza a dos áreas del conocimiento ingenieril útiles en la aprehensión de la información [ó aprendizaje?] cumpliendo, así, su misión natural: mantener con vida a los sistemas de comunicación SC. O mas allá, para que la red pueda autoregularse, autoorganizarse ó autodiseñarse. [objetivo tecnológico de TMN].

Para revalorizar los conceptos del párrafo anterior, basta deducir que del desarrollo dado en las metodologías de multiprocesamiento paralelo en los sistemas distribuido de información SDI en la década de los años 1980-1990 se genero una tendencia tecnológica que pretendía "instintivamente" que todos los "procesos de telecomunicación" estuvieran confinados bajo la vigilancia estricta del software ¿Pero como lograrlo sin la presencia de un sistema de sincronización que garantizara armoniosamente la transferencia de información ó transacciones entre base de datos distantes?

Fueron, precisamente, las modernas herramientas de simulación y síntesis combinadas con los lenguajes VHSIC [Veri-High Speed Integrated Circuit] los que constituyeron una base sólida para diseño digitales complejos apropiados para enfrentar el reto planteado por los avances acelerados de la tecnología del software - [por ejemplo, VHDL, Very-High Hardware Description Language] . Es con la electrónica aplicada de 1990 la que pudo mediante sistemas de simulación con microprocesadores y tecnologías VLSI construir arreglos ASIC [ Application-Specific Integrated Circuits] los cuales facilitaron la validación de especificaciones que soportaran la potencialidad del software:

- Circuitos ASIC basados en celdas [CBIC, Cell-Based in IC, Japón]
- Circuitos ASIC basados en arreglos de compuertas [MGA, Masked Gate Array]

Los arreglos de lógica programable FPGA [Field-programmable Gate Array] y los sistemas embebidos [Embedded Circuits] han incorporado diseños específicos de circuitos secuenciales, lógica combinatoria y de precisión en diseños de control temporal con VCO y PLL indispensable para sincronizar procesamientos paralelos de alta velocidad que usan velocidades de transmisión acordes con los anchos de banda incorporados por fibras ópticas tipo monomodo y tecnologías ópticas DWDM.

La misma miniaturización de los circuitos integrados [Integrated Circuits, IC] y la velocidad de conmutación de los transistores FET y MOSFET obligaron al mercado, a los fabricantes y a los proveedores a realizar investigación y desarrollo [R&D] encaminada al diseño de relojes [clocks] que pudieran controlar las señales *internas* en los "chips" ó *externas* en los sistemas de alta capacidad de transporte en redes de comunicación. La búsqueda implícita era encontrar: **el método de la perfecta "sincronización"** entre la parte que emitía la información [el emisor] y la parte que recibía la información [el receptor]; un procesamiento para el interior del sistema y un procesamiento para el exterior.

**En síntesis hallar un control intrínseco de la variable tiempo que redundara en un método de sincronización inherente al objetivo de la comunicación "hacer instantáneo lo común"**. Así expresaba la estrategia Delia Crovi Druetta: "la influencia mas notoria de las tecnologías de la información y comunicación respecto al tiempo se refleja en la instantaneidad de los hechos" [NTC, Televisión y Neoliberalismo, Tesis de Doctorado, FCPyS UNAM, 1996]

He aquí una sencilla variedad de aplicaciones en donde interviene la variable tiempo en forma determinística en los SC. Su instantaneidad y su relevancia.

- Los **tiempos de muestreo  $T_s$**  aplicados a señales del mundo analógico, Sampled&Hold para convertirlas en señales digitales y viceversa.
- Los **tiempos del proceso de conmutación digital** con selectores espacio-temporales diseñados en cascada TSSST(Time-Space-Time) en las centrales telefónicas (Exchange Office) y en las matrices espacio-temporales de los modernos sistemas de conmutación por celdas ATM
- Los **tiempos de ranura "Time Slot"** que estructuran las tramas de PCM como producto de la multiplexación TDM, en donde el sistema comparte el tiempo del canal de

transmisión en las conexiones multipunto o punto a punto. Tiempos de acceso sincrónico (de ciclo fijo) o tiempos de acceso asincrónico aleatorio (acceso por demanda en multiplexores estadísticos S-TDM).

- Los tiempos de retardo de propagación en el medio de transmisión satelital con accesos en medio no guiados, tipo TDMA (time delay).
- El tiempo de retardo de "ida y vuelta" (Round-Trip Delay) asociado a los enlaces, es decir, el tiempo transcurrido entre la transmisión del primer bit de un bloque de datos y la recepción del bit de reconocimiento (ACK).
- Los tiempos de acceso y almacenamiento del orden de los microsegundos en memorias con tecnología FET o del orden de los nanosegundos en tecnología MOS de las memorias elásticas (buffers) o registros de desplazamiento (shift register) que elaboran la tan importante conversión serie paralelo y viceversa.
- Los tiempos de servicio en TCP/IP en una plataforma interactiva de cliente/servidor en zonas geográficas distantes debe considerar un "tiempo universal" (Universal Time Coordinated, UTC) para el intercambio de mensajes en la WWW.
- La dispersión de retardo temporal (Multipath Dispersión o Delay Spread) que sufren los impulsos ópticos que provocan la interferencia entre intersimbólica de bits.

El problema central de un sistema de comunicación SC es hacer llegar la información contenida en los mensajes ó paquetes de mensajes a un destinatario terminal. Además, que sea inteligible, procesable, y almacenable. Para lograrlo es indispensable cubrir tres requisitos:

- A. Asegurar que la información que manda el emisor sea exactamente la misma que llega al destinatario final, sin importar el medio ó transporte que utilice el "vehículo del mensajero".
- B.** Que la distancia entre la fuente de información y el destinatario no sea factor determinante para que se retarde la información transmitida y, mucho menos, **que por la misma razón se altere el contenido del mensaje.**
- C.** Que siendo el sistema de telecomunicación sensible al dinamismo propio de la información, tiene que existir en forma natural una variable temporal que controle la

dependencia funcional entre la parte emisora y la receptora. Un factor sumamente crítico: la sincronía del sistema de comunicación SC.

---

La importancia de este estudio de tesis radica esencialmente en el tratamiento del punto C, aunque, una motivación fundamental agregada es que a través de esta experiencia vaya generándose mas conocimiento acerca de la *sincronización* que pueda estar relacionado y que pueda dar un tratamiento fino a la convergencia tecnológica de los sistemas de señalización por canal común, las redes inteligentes y los sistemas de transporte sincronos SDH y asíncronos ATM. Sin omitir, sin sesgar, lo referente a las redes de acceso.

---

Conforme el **ingenio humano** evoluciona, las formas naturales para comunicarse también se modificaron. El lenguaje simbólico u oral tuvo que preceder al lenguaje escrito y esté, asimismo a los lenguajes codificados utilizados para establecer comunicación entre hombres (con diferente lengua), entre hombres y máquinas y entre máquinas y máquinas. *De esta manera dentro de la modernidad del siglo XX se evoluciono y se aprendió y/o se heredó la experiencia de que la información tenía que codificarse a través de algoritmos de programación que representarían el conocimiento, y por tanto, las reglas del comportamiento de los **protocolos de telecomunicación temporizados**.* De hecho, contundentemente puede concluirse este párrafo diciendo que el "*desarrollo de los sistemas de transmisión de información*" existen gracias a los lenguajes codificados escritos.

El intercambio de mensajes o señales dentro de un sistema de telecomunicación se efectúa con reglas definidas en **función del tiempo**. En un sistema de comunicación la señalización es la información temporizada que permite conectar, encaminar, dirigir y liberar enlaces o equipos. **La información ó carga útil esta contenida en los atributos de las señales, ó en la capacidad de los campos del entramado de los bloques de mensajes, celdas ó contenedores virtuales,** esto, quiere decir, sin duda, que puede optarse porque la amplitud, **la frecuencia y/o la fase de la señal sean "los nichos de la información"** de los sistemas que usan señales digitales que las conmutan y las transportan. En la llamada posmodernidad tecnológica se ha optado por explotar las **señales continuas en el tiempo y discretas en amplitud o señales digitales binarias para crear y recrear los sistemas de comunicación ó telecomunicación digital en proyectos de redes públicas locales,**

nacionales ó mundiales, es decir, en redes publicas de telecomunicaciones RTPC nacionales ó internacionales y mundiales como, también, la red de redes WWW

Los sistemas de sincronía local, nacional, internacional ó mundial están presentes en todo dominio y tendrán la misión de armonizar la jerarquía y la información que transita entre jerarquías.

En telefonía las señales de **sincronización** tienen los atributos de ser periódicas y continuas en el tiempo, además, contienen la información acerca de la naturaleza y comportamiento del fenómeno de conmutación y transporte son entregadas al sistema de comunicación SC en forma de tramas de 2048 kbits/seg y 2048 Mhz. Y aunque conforman con los generadores y receptores de sincronía el sistema de sincronización SS pueden considerarse como parte integral de un subsistema o como un sistema dentro de otro sistema. Y dado que la expresión "**sistema**" proveniente del griego "συσ- ιστημα" que significa colocar justamente, unir reunir, juntar, asociar; este mismo termino, a su vez, proviene del verbo poner de pie, colocar, disponer erigir, **establecer**. En la voz griega la palabra "συστημα" (sistema) aparece dando la idea de reunión y disposición ordenada y de **firmemente puesto o establecido**. Para nosotros esta ultima noción de "establecido" corresponde exactamente a la palabra en latín "status". Y, por lo tanto, un SS establece los estados y da sobrevivencia a otros sistemas, como a los sistemas de comunicación SC. Es decir, la vida de una red de comunicación se da como un proceso dinámico que intercambia energía en forma de información en un amplio entorno **físico y virtual** de acuerdo a las leyes de la física y de las reglas de los sistemas abiertos disipativos. O, sea *un sistema de comunicación hace común la información* y no esta exenta de fenómenos como el ruido el cual tiene un efecto distorsionador de la energía.

Este amplio paréntesis fue necesario para poder correlacionar lo mencionado acerca del conocimiento comunicación con lo teoría formulada por C.E. Shannon, en su obra "A Mathematical Theory of Communications" y que, hoy nosotros utilizamos para ubicar y entender "el como" **interactúan disciplinadamente ¿u ordenadamente?** [con armonía] todos los componentes de un sistema de comunicación. Es decir:

- i. Una fuente de información [b<sub>k</sub>]. Un sistema integral de información [voz, video y datos VVD] **generador de mensajes** o señales analógicas y/o digitales transmisibles en forma óptica o eléctrica libres de ruido adicional.

- ii. Sistema **transmisor de información**  $G_t(w)$  cuya función es depositar la información proveniente de la fuente en un canal de comunicación.
- iii. Un **canal de comunicación** o transporte que hace llegar la información al destinatario  $C(w)$
- iv. Un sistema **receptor**  $G_r(w)$  que extrae la información del canal y la entrega al destinatario. Incluyendo las señales usadas para sincronizar el sistema.
- v. Un **Destinatario** de la información  $[b^*_k]$
- vi. **Y un sistema jerárquico de sincronía, con relojes distribuidos en toda la red de comunicación.**

Los mensajes se usan para contener y hacer llegar la información del elemento fuente al destino. No es lo mismo un mensaje que la información que este contiene

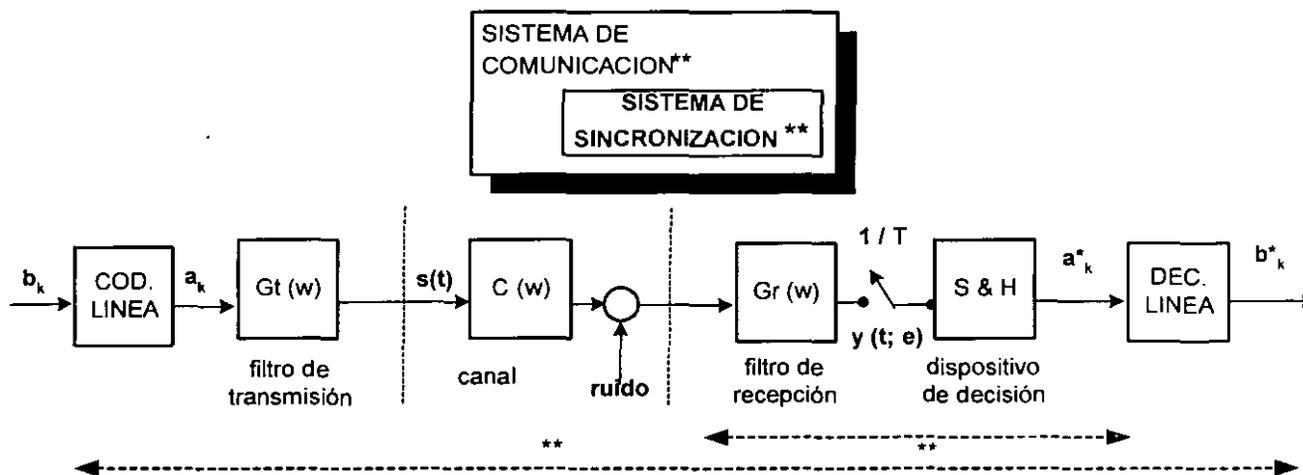


FIGURA 2.2

De la Figura 2.2 evita la explicación del circuito de muestreo S&H ya que, por ser tan relevante para el proceso de digitalización y la sincronía se trata aparte. Será a partir de este esquema como, posteriormente, se desarrollara en la sección 2.3.

Mientras tanto, conviene indicar la distinción conceptual y los significados entre tecnología y técnica, entre tecnología innovadoras y tecnologías emergentes y entre protocolos de comunicación y sistemas de comunicación.

Por ejemplo: PCM es una técnica de modulación pero, también es una tecnología diferenciada; como técnica se aplica en medios físicos guiados y no guiados que inciden de manera diferente en la calidad de transmisión. La técnica es el recurso, el medio usado para producir la modulación; la tecnología es el conjunto de conocimientos que descubren lo oculto, lo desarrollan y lo hacen progresar para mejorar la calidad de los procesos, en síntesis: los recrea. No es lo mismo PCM [64 kbps] que ADPCM [32 kbps, Modulación Delta] usan la misma técnica pero diferente tecnología electrónica.

También, los procesos de Investigación y Desarrollo [ R&D, Reasearch and Development ]en el sector de las telecomunicaciones crean e innovan tecnología; las llamadas "tecnologías emergentes" [ATM, CCS#7, RDSI, SDH, SONET...] son consecuencia de la dinámica del mercado y de la discusión de las recomendaciones y *los procesos de estandarización de la UIT-T/R* las cuales son productos no paradigmáticos que suelen considerarse como "nuevas tecnologías".

En un sistema de comunicación SC trascienden, son, por tanto, trascendentes: la topología o arquitectura de la red, los protocolos de comunicación, las tecnologías aplicada en los equipos que constituyen la infraestructura de las redes de telecomunicaciones y todas las técnicas que se implementan para señalizar e incrementar la capacidad de transporte y la velocidad de transmisión, así como el tipo de sincronización. Ver la tabla 2.1.

| TECNOLOGIA | RECURSOS                          | TECNICA                            | TIPOS DE SINCRONIZACION |
|------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| PCM        | Cobre y Fibra Optca FO            | MUX digital TDM                    | Síncrona                |
| SDH        | F.O.                              | MUX interno, Transporte            | Síncrona                |
| PDH        | F.O.                              | MUX externo<br>Transporte          | Asíncrona               |
| ATM        | F.O.                              | Conmutación por celdas             | Asíncrono               |
| WDM        | F.O.                              | Modulación por amplitud de onda    | Síncrona                |
| TCP/IP     | Internet                          | Protocolo orientado a la Conexión  | Isocrono en Voz y Video |
| X.25       | Cobre y F-O.                      | Conmutación por paquetes           | Asíncrono               |
| VPN        | F-O. Aire, SDH, Circuito Virtual. | Lógica difusa orientada a conexión | Síncrona                |
| SSCC#7     | Transmisión Digital               | Señalización por canal común       | Síncrona                |

Todas las tecnologías utilizadas hoy: PCM, SSCC#7, SDH, PDH, TCP/IP, ATM, R2-MFC, Frame Relay, FDDI, CDMA, Fast Ethernet entre otras, **ostentan y contienen un determinado grado de inteligencia, porque "han ido aprendiendo del conocimiento que les precedió"**, es la experiencia de conocimiento lo que permite la tarea de clasificar los atributos de un sistema, es decir, categorizar a los sistemas y crear bases de conocimientos BC. Se consulta las BC para discernir como y por que trayectorias puede transportarse óptimadamente: la información, el establecimiento, la liberación de las llamadas o el uso de reglas protocolarias para acceder al medio de transmisión ó para corregir los errores y las fluctuaciones de fase ó frecuencia de los enlaces digitales; ya no para supervisar sino para predecir lo que va a suceder en el SC. Tal "inteligencia" suele estar estructurada en reglas heurísticas y en conocimiento contenido, agregado y agrupado en bloques de reglas. *El modelo AISSR propuesto para este capítulo agrega un factor más: heurística, es decir la búsqueda inteligente de trayectorias digitales degradadas.*

Asimismo, para el análisis de la sincronía son relevantes: [A] El hecho de que las tecnologías emergentes comparten conocimiento difundido en las redes y, [B] En la existencia de protocolos de comunicación con reglas validadas y en la aplicación de Normas de temporización ITU-T usadas para el estricto control de la red de comunicaciones. Estos puntos adquieren relevancia en la transmisión digital y en las pretensiones de procesar la información en los sistemas distribuidos de información.

**El control y gestión de la velocidad y las altas capacidades de transporte de carga útil [información]; junto con la exigencia de incrementar la calidad de los servicios son los nuevos paradigmas de las telecomunicaciones modernas** y para lograrlo, es indispensable un proceso perceptuante y actuante como complejo: la *Sincronía*. *Es decir, un sistema de sincronización SS.*

La eficiencia del tráfico [throughput] y la disponibilidad de una red de telecomunicaciones establecen una relación biunivoca con la calidad integral del sistema SC, es decir, con la suma de la calidad de los sistema de transmisión y de conmutación.

La sincronía es un "proceso policía", que en razón de las recomendaciones establecidas [G.821, G826 por ejemplo] vigila y supervisa el desempeño de la red [Performance] y, además, trata de asegurar - coopera, en realidad- para que el operador de redes públicas de telecomunicaciones [RPT] suministre servicios seguros

**y confiables...."que se presten con mejores precios, diversidad y calidad en beneficio de los usuarios... " [Ley Federal de Telecomunicaciones, Art. 7]**

Es en la introducción de esta tesis en donde se expresa la conceptualización de la **sincronización como una función del tiempo**, su interpretación y sus características. Un concepto límite, práctico y útil. Como proceso, la sincronización es el factor que da el ritmo a las comunicaciones digitales y, por lo mismo, el ritmo de las señales digitales que transitan por los medios de comunicación - fibra óptica, cable coaxial, aire o cobre -. Con ese ritmo, se armoniza la detección de los bits en la recepción de señales, tramas y paquetes. La estructura de datos debe estar estandarizada y definida en bits, bytes u octetos para ser útil en el proceso de comunicación entre sistemas abiertos. En rigor, el ritmo es la correlación armoniosa de las partes de una obra de arte o agrupación sistemática de notas según su duración.

Y, es precisamente este tipo de armonía la que requieren los usuarios- los creadores del tráfico telefónico- que obligan a los sistemas de conmutación ó Switch's a encontrar en forma inteligente [como lo hace un sistema de espera] una salida óptima. Provisionalmente el ó los procesadores de llamadas dan un tratamiento temporal similar al de los paquetes o celdas de una red lógica ó virtual. Mientras tanto, en los almacenes temporales llamados "bufferes" ó memorias elásticas ó memorias intermedias se lee y se escribe la información mediante circuitos de control y detección de información de tal manera que pueda consumarse la petición solicitada en forma individual [ó múltiple en el caso de broadcast]; el control del proceso de comunicación está insertado en el software de las máquinas.

Por estas circunstancias se hace necesario y fundamental proponer la aplicación de un **Prototipo de Sincronización AISSR** que sea útil porque explotaría el conocimiento acumulado y práctico y, porque sintetiza la experiencia y controla un proceso complejo tan importante. Un modelo que sea de aplicación universal según las normas de la UIT-T y que conserve su aplicabilidad independientemente del marco o entorno de referencia.

En la sección 2.4 se describe el "Modelo de Sincronización AISSR" propuesto que puede ser validado pragmáticamente en cualquier red de comunicaciones digitales ó en cualquier otro espacio en donde intervenga una acepción del término "comunicación" es decir, en algún **"proceso de comunicación"** en donde se intercambie información y, que tenga como interés máximo: hacerla común entre el emisor y el destinatario. Para una

mejor y amplia explicación acerca del tema: **comunicación**; consultar - el Diccionario de Lingüística, de Bernard Pottier, Edic. El Mensajero, España.-.

El formato para intercambiar información entre sistemas de comunicación o telecomunicación adquiere hoy dos formas tecnológicas inseparables y **ubicuas**. Es decir, dos aspectos ó entidades dialécticamente fusionados: [A] el aspecto físico de las redes y, [B] su aspecto lógico ó virtual. Ambos modos conviven y se complementan en el SC. Sistema conceptualmente tejido para dar continuidad y extensividad absoluta. Es decir, sistemas abiertos que permitan la interconexión universal libre de restricciones.

## **2.2 TIPOS DE SINCRONIZACION: SINCRONA Y ASINCRONA.**

### **A. Modo de Transmisión Sincrono**

### **B. Modo de Transmisión Asíncrono**

**En los sistemas de comunicación los datos son transmitidos en múltiplos de una unidad de longitud fija (PDU, unidad de datos de protocolo por lo regular de ocho bits codificados en binario. Como cada carácter es transmitido como una serie o secuencia de bits, la parte receptora detecta uno de los dos niveles de voltaje [varia la secuencia según el patrón del mensaje]. El elemento receptor de la red que detecta y decodifica el mensaje, debe distinguir al primer elemento del bloque de mensajes, ya sea bit (para el caso Sincrono), un byte u octeto o carácter (para el caso Asíncrono) ó trama ó celda para ATM. De esta forma se inicia el proceso de sincronización y el "alineamiento" de las tramas recibidas, el control de flujo de información, la corrección de los errores y, en consecuencia, toda la armonía de organización secuencial de la información.**

Los primeros sistemas de transmisión implementados para controlar intercambio de datos, información entre computadoras, utilizaron "modems"[modulador - demodulador].en la red telefónica conmutada. Estos dispositivos, favorecieron el intercambio de información digital sobre un medio de transmisión analógico - tal como sucede en la red telefónica **creada y diseñada para transportar voz**, es decir, transmitir señales analógicas con un ancho de banda en el rango de 300 hz a 3400 hz -. Es evidente que la modulación aplicada

con los modems usa la traslación del espectro de la señal a la banda en que debe realizarse la transmisión.

Y, es lógico, muy lógico que así debería ser, ya que en el mundo físico y en tiempo real ; casi todos los efectos de las variables de las leyes naturales: las temperaturas, los voltajes, el tiempo continuo son de características analógicas !. Esto, induce a la ciencia aplicada, en especial a la electrónica (digital y analógica) a efectuar conversiones del **mundo analógico a un mundo digital y viceversa** en lo cual se aprovecha el *lenguaje* codificado y digital binario para elaborar códigos de línea que lo faciliten: NRZ, 5B/6B, HDB3 etc. Y, también, vale entender que las señales son funciones de una o mas variables independientes que *contienen información acerca de la naturaleza y comportamiento de las variables de los fenómenos físicos*. Invariablemente, los sistemas responden a los códigos utilizando lenguajes - software- para procesar y entender y/o aprender a simularlos usando máquinas lógicas digitales computadoras, robots, agentes inteligentes etc.

La mayoría de las veces *establecemos comunicación* para conversaciones telefónicas de manera muy semejante a cuando transferimos un archivo o consultamos una página de la Internet ó cuando consultamos una base de datos con "quers" e inclusive cuando hacemos uso de un teclado conectado a una PC. **Este tipo de comunicación es Asíncrono**, en esencia, esto significa que todo el intercambio de información que se da **tiene que seguir reglas específicas entre el emisor y el destinatario**. "El flujo de la conversación en línea puede empezar, parar e incluir intervalos variados de silencio o de *inactividad*, sin que exista confusión para el que habla y escucha cuando se usa una línea telefónica". Aquí, los tiempos de referencia son independientes

Empero, **la comunicación síncrona es menos relajada y formal**; aquí, una de las partes empieza a hablar y no para, para nada. Si el que escucha [aplicable a voz y datos] se distrae, parte del mensaje se puede perder. Escuchar a un lector o ver una transmisión por televisión es un ejemplo de comunicación síncrona. **Esta es una forma de transmisión más eficiente que la comunicación asíncrona cuando se transmiten datos punto a punto ó punto multipunto**. En este tipo de comunicación el que escucha todo el tiempo debe estar atento [esto aplica tanto para personas como máquinas]. La comunicación síncrona vía modem se usa normalmente para intercambiar grandes volúmenes de datos en una sola dirección, como cuando se transmite un archivo de programa muy grande.

Asimismo, en los grandes y complejos sistemas de comunicación con interconexión a diversas topologías y estándares tecnológicos se exige, además de la sincronía, calidad en la transmisión como la optimización del tráfico cursado. En suma, así como es determinante **el acceso al medio físico** en el que "todas las comunicaciones desean fluir" también es relevante **el tipo de temporización o sincronización**. En conclusión, los requisitos básicos para que una comunicación "protocolada" "se de" debe mantenerse la seguridad del [en el] enlace y la confiabilidad sin retardo alguno en la señalización.

La elección del **modo de transmisión (síncrono o asíncrono)** depende de varios factores: **a)** de la tecnología utilizada por el usuario y de la interfaz del mismo, **b)** de la red física ó virtual (uso de medios guiados ó no guiados como: cable coaxial, fibra óptica) o sistema de transporte o de conmutación ó tipo de central telefónica digital: local, tandem,.. inclusive, **c)** del uso de redes de servicios avanzados como las redes inteligentes RI [AIN, IN] ó redes de multiservicios en convergencia (RDSI, Frame Relay, ATM, etc.), también, **d)** de si el sistema considerado o elegido, es analógico, digital, satelital, alámbrico ó inalámbrico . **En síntesis: todas las aplicaciones en un SC están íntimamente ligadas o son inherentes tecnológicamente en el mercado de los servicios de telecomunicaciones y, singularmente por el tipo sistema de sincronización planeado por los operadores de red en su Plan de Sincronización.** Por consiguiente, el uso o aplicación de algún *modo de transmisión* sugiere razones de tipo multifactorial. *Preexiste una condición que se anticipa a toda circunstancia mencionada: la cadencia, ritmo o armonía requerida para organizar y gestionar las señales o mensajes de información.* Con este paradigma de las comunicaciones se espera que los SC estén alejados del caos (para esto, contribuye el ruido inherente a los canales de comunicación). **En términos técnicos, puede afirmarse que la armonía que produce la sincronía es generatriz de:** **i)** Los estándares de calidad de los enlaces digitales de larga distancia -G.821 p.ej.- y los correspondientes a la estabilidad y Jitter&Wander y, **ii)** El desempeño ó "performance" de las redes y, **iii)** La eficiencia de la red [throughput]. Se ratifica que existe, por tanto, **un requisito vestigial que es fundamental y vital para la existencia de los propios SC digital: La sincronización.** Proceso que es directamente "culpable" de inmediatez e instantaneidad en la red de redes, Internet.

En cualquier sistema digital telemático, **la pérdida o alteración de un bit de información puede tener un "efecto domino"** que, en su momento, puede controlarse con

algoritmos de corrección de errores [CRC, Código de Hamming, Checksum, ó técnicas de paridad]. El SS, ante todo, debe mantener firme "una filosofía existencial" basada en dos principio de la sincronía:

1. La *detección* e identificación del inicio y fin de cada bit extraído del canal
2. Una *metodología referencial y jerárquica de temporización*. Con nodos raíces de mayor estabilidad y exactitud que enganchan las fase entre sistemas [PLL].

A fin de lograr la sincronización de bit, de carácter (o byte) o de trama es preciso ajustar el circuito de control de transmisión - que suele ser programable- y del receptor, para que opera con las mismas características del transmisor en términos del numero de bits por carácter y la tasa de bits empleados [Aquí vale la pena introducir un paréntesis para distinguir entre *velocidad de transmisión binaria* y *la tasa de señalización*. La primera evaluada en bits/segundo ó múltiplos de este, como Kbits/ segundo o Mbits/segundo y la segunda en *baudios*, es decir, *cambios de estado de la señal en la unidad de tiempo*; esta misma muy usada en los dispositivos modem. En el intercambio digital de se usa codificada en línea o Intersimbolica. Ver Tabla 2-2.

| TIPO DE SINCRONIZACION   | TRANSPORTE USADO                                   | TIPO DE TRANSMISION |
|--------------------------|--|---------------------|
| BIT                      | PCM U OTRA MODULACION [COHERENTE]                  | DIGITAL O ANALOGICA |
| CARÁCTER Ó OCTETO O BYTE | PCM U OTRA MODULACION MODEM, PAQUETE O DATAGRAMA   | DIGITAL U ANALOGICA |
| TRAMA                    | PCM, U OTRA MODULACION PDH, SDH, CDMA, CCS# 7,.... | DIGITAL             |
| CELDA                    | ATM  | DIGITAL             |

Tabla 2.2

El modelo de referencia OSI es un estándar ISO útil para que la ingeniería de software diseñe y valide protocolos de comunicación que sirven en la Interconexión de Sistemas Abiertos [Open System Interconnection] y en el manejo de las estructuras de datos que definen la propia arquitectura de las tramas y sus propios encabezados. Ver Figura 1.10. Los encabezados (overhead) de las diferentes tecnologías contienen los campos correspondientes a la identificación del usuario origen y destino [DLCI, OPC y DPC, IP, VPI / VCI así como identificadores de ruta y circuito etc. Adyacentemente, siempre están adscritos los campos que contienen la información útil [carga útil ó payload]

de la trama que, complementan la arquitectura de los protocolos orientados a conexión o red y los protocolos orientados a las aplicaciones.

El tipo de transmisión - sincrónico o asíncrónico - implementado en un SC SDH ó PDH se establece en función de los recursos y tecnologías disponibles en las cuatro primeras capas del modelo OSI; en realidad deberían considerarse solo las capas correspondientes que están orientadas a la red. Ver Figuras 1.10 y 6.1. Esto, debido básicamente a que la *temporización ó los canales que transportan la señal de sincronía se efectúa, precisamente en la capa de transporte*, ya sea, a través de el canal cero de 64 kb/seg. de un E1 ó inclusive, en las palabras H1,H2, H3 para el caso de transporte de alto orden STM-1 con 155.520 Kb/seg (y múltiplos). En cuanto a las capas del "link" y física habría que considerar los umbrales de error BER y el vínculo que existe con el ruido aleatorio y sus causas; este efecto es el causante de los deslizamientos en fase ó slips: fluctuación de fase o Jitter y Wander, actores indeseables pero inevitables aún cuando se usen códigos de línea bifase autosincronizados tipo Manchester ó Manchester Diferencial. La exigencia de los protocolos orientados a conexión solicitan asegurar la autenticidad de la información. Cabe aclarar, una leve excepción: los protocolos del mejor intento, los datagramas que operan con cierta indiferencia a las perturbaciones [internas y externas] y sin el control de envío y recepción de paquetes. Operan en redes inseguras no orientadas conexión.

En trayectos digitales físicos largos el ruido aditivo afecta a la señal, para tal efecto se proporcionan en la línea circuitos regeneradores que sirven para recuperar los niveles de umbral de los mensajes digitales. En todo el SC digital interviene electrónica con lógica secuencial temporizada sincrónica y asíncrona, además, lógica combinatoria para remediar y controlar los efectos perturbadores que puedan impedir la detección y en consecuencia la sincronización de las señales y/ó mensajes. Los circuitos secuenciales temporizados usados en el circuito receptor deben ser sensitivos a la transición más que a la dirección del pulso.

Como párrafo referente vale mencionar que los arreglos de lógica programada [PLA] basada en circuitos ASIC, - como los osciladores ASIC de celdas -, reducen los costos de sistemas secuenciales temporizados. Sus diseños facilitan la implementación de procesos de simulación a través de software de "redes neuronales" para determinar la optimización de algunos de sus *parámetros* como: el retardo de propagación que acontece en el conexionismo intermedio entre los nodos de las matrices de los sistemas de

conmutación síncronos y asíncronos [Switch's de ATM], también, en el control temporal de las señales de lectura y escritura de los registros buffer. La tecnología ATM opera a velocidades sorprendentes de interconexión para enrutamientos de esquemas encolados "queueing" usados para aplicaciones de transporte que operan con tráfico de banda ancha siempre montado en VC-4 de una red de transporte **síncrono** SDH. Ver Figura 3.4.

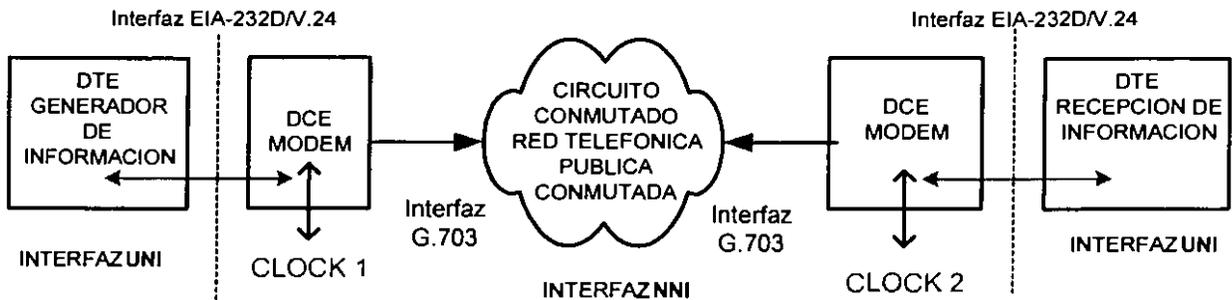
También, las interfaces físicas, en especial las de la serie G [G.702, G.703, G.707 y G.708] de la ITU-T son importantes para el estudio de la sincronización ya que marcan en sus observaciones los requisitos funcionales de la interfaz de 2048 Kbits/seg. y 2048 Mhz. en los sistemas PCM de primer orden y de 155,520 Mbits/seg. Son, *especialmente, tres las señales temporizadas de este tipo las que atraviesan la interfaz en los dos sentidos (transmisión y recepción), a saber:*

| TIPO DE INTERFAZ*                                 | SEÑAL DE INFORMACIÓN                                    | SEÑAL DE TEMPORIZACION   |
|---|---|--|
| Interfaz de 64 Kbps                               | Canal de voz de 64 Kbps                                 | 8 KHz [Muestreo de Nyquist]                                      |
| Interfaz de 2048 Kbps.<br>Interfaz de 155.52 Mbps | Circuito E1, PCM<br>Módulo de Transporte Síncrono STM-1 | 2048 KHz [Señal de sincronía]<br>155.52 MHz [Señal de sincronía] |

Ahora bien, en el modo asíncrono, las fuentes de reloj son independientes y generan la señal de reloj o temporización en la parte emisora como en la receptora de información, y alimenta a los contactos (conectores) correspondientes en el DTE. Asimismo, para el modo síncrono, los datos se transmiten y reciben en sincronía con la señal de reloj correspondiente Ver Figuras 2.4, la cual suele ser generada por el modem en función; cabe señalar que usando señalización digital en los enlaces conmutados por circuitos o por paquetes se hace innecesario los modem (o DCE). Igualmente, las conocidas Centrales Telefónicas, "la conmutación", [Exchange Office] han tenido que evolucionar en razón de las tecnologías explotadas en el mercado de las telecomunicaciones en México: de centrales electromecánicas (hasta 1973), a semielectrónicas (a partir de 1973) y, hasta las actuales centrales digitales desde 1985. [ó un poco antes si se considera la prueba piloto con el equipo francés E10 [en Tlahuac, México]. En todo caso subsiste el sistema de temporización acorde con los diseños de control de acceso basado en arreglos de selectores espacio-temporal de tipo analógico ó digital. Asimismo, en los sistemas de transmisión la

evolución ha ido desde los sistemas conmutados ó con protección en FDM hasta la novedosa conmutación fotónica implementada con tecnología WDM en la fibra óptica.

Los DTE equipo terminal de datos [data terminal equipment] son los equipos de conmutación de paquetes, circuitos virtuales o frads de acceso al medio de transmisión que deben cubrir, también, las recomendaciones de la Serie-G para los casos de interfaces digitales jerárquicas [libro azul de ITU-T). Figura 2.4



**FIGURA 2.4: INTERFAZ DE UN SISTEMA DE COMUNICACION**

Por seguridad, la información transmitida en un SC es codificada en la conmutación como en la transmisión [en el enlace de transmisión los dígitos binarios ó bits ú octetos adquieren el carácter de *símbolo* usado en los códigos de línea]. Solo **es responsabilidad de la parte receptora filtrarlos, detectarlos, decodificarlos, corregirlos y sincronizarlos.** Son, precisamente, los circuitos de muestreo y retención, [Sampled&Hold, S&H] los que efectúan el la técnica de muestreo en cada una de las celdas de los bits recibidos, es decir, explota la característica de los códigos **Manchester [Diferencial]; es un "0" si la transición es de alto a bajo nivel y un "1" si la transición es de bajo a alto a la mitad del intervalo ó celda** en el rango de detección de los circuitos de nivel de umbral lógico. Al Final la señal digital es reconstruida por filtros pasobajas. Ver Figura 2.2.

Los circuitos de lógica *secuencial sincrona* recibe la información binaria y junto con los elementos de memoria [buffers] determinan la salida de la información. **Es decir, el control lógico inscrito considerará tanto los tiempos de transición y los estados internos del buffer. En circuitos sincronos se reconoce las señales en instantes discretos de tiempo. En cambio los circuitos asincronos es mas importante el orden de llegada de las señales recibidas en distintos instantes, aquí los circuitos de memoria operan como circuitos de**

retardo. LA SINCRONIZACIÓN DE UN SC SE LOGRA CON UN DISPOSITIVO TEMPORIZADOR LLAMADO RELOJ.

En la transmisión asíncrona cada octeto o byte transportado son tratados independientemente en el proceso de sincronización. En la transmisión síncrona toda la trama se transmite en forma de una cadena de bits contiguos, [Ver Figuras 2.5.A y 2.5.B] y el equipo receptor trata de extraer la señal de reloj o utiliza un circuito DPLL para enganchar la señal de sincronía con el VCO local, seguramente, el receptor detecta el inicio del flujo de bits (detecta niveles o umbrales lógicos] hasta que termina de completarse la recepción total del mensaje transmitido. El SS implementado en la compleja red de TELMEX tiene carácter jerárquico, en donde sus referencias nacionales [D.F y Celaya] cumplen con la normas internacionales de la UIT-T y el Plan de Sincronización autorizado por la SCT. Ver Figura 2.8.

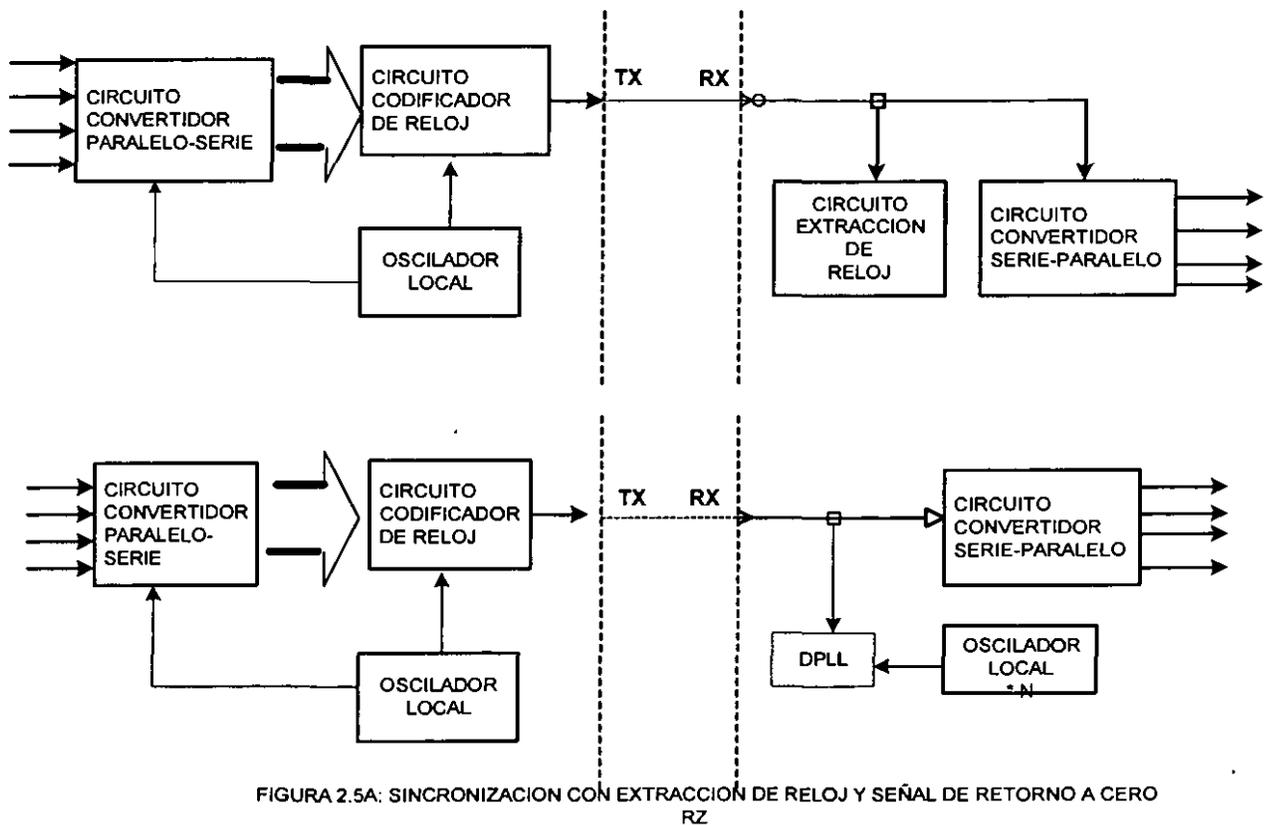


FIGURA 2.5.A: SINCRONIZACION CON EXTRACCIÓN DE RELOJ Y SEÑAL DE RETORNO A CERO NRZ

FIGURA 2.5.B: SINCRONIZACION DE BITS CON LAZO DE FIJACION DE FASE DIGITAL CON CODIFICACION MANCHESTER DIFERENCIAL Y SEÑAL NRZ

Cuando la transmisión asincrónica mantiene aceptables los límites de tolerancia de las señales tributarias controladas por señales de reloj diferentes, los sistemas de transmisión suelen llamarse **plesiocronos**, casi sincrónicos [Sistemas de jerarquía digital PDH, plesiochronous digital hierarchy] en los cuales, por cierto, los multiplexores digitales multiplexan cuatro señales digitales tributarias de orden inferior en una señal digital de orden superior. En PDH la multiplexación se da por "entrelazado cíclico de bits" según un orden de numeración de los afluentes. Para los defasamientos de las tramas tributarias se aplica el método de justificación positiva, negativa o nula usando bits de control según las recomendaciones G.745. La operación de justificación y control de la misma - bits de relleno- son esenciales en los sistemas PDH para los ajustes de velocidad de llegada de las señales digitales y su adaptación en fase sin pérdida de información y en íntima dependencia ó cooperación de proceso de sincronización. En semejanza, los ajustes de las fluctuaciones de fase en los sistemas sincrónicos SDH se efectúa a través de los *apuntadores*.

Para el párrafo anterior, se hace evidente que el sistema PCM de primer orden, Ver Figura 1.9, es considerado como "patrón sincrónico" en las recomendaciones de la ITU-T y, también, punto de partida para todo el proceso de sincronización del SS. El PCM básico utiliza la primera ranura de su trama TDM, para "cobijar la señal de sincronización" ("slot" cero). En tal ranura va la palabra [octeto] de sincronía de la trama PCM denominada, también, palabra de alineamiento de trama y de multitrama [FAS, Frame Alignment Signal y MFAS Multiframe Alignment Signal], señal que permite al equipo receptor identificar la trama y su inicio en un sistema de primer orden. La metodología de detección en sistemas PDH y SDH es muy semejante.

En la transmisión asincrónica de DTE a DTE se efectúan conversiones paralelo-serie y viceversa con las funciones del registro de desplazamiento (shift register) que reciben serialmente los caracteres de información (voz codificada, datos) con entrega en formato paralelo que facilita el procesamiento digital. Estableciéndose, una relación de coherencia entre la velocidad binaria de la señal transportada y la velocidad de procesamiento digital de los procesadores. Aquí, cabe señalar que los avances tecnológicos en los sistemas de transmisión y conmutación respectivamente muestran cierto rezago respecto a los arreglos de **procesamiento en paralelo en sistemas de computo distribuido** [Para complementar este dato, ver el libro "Sistemas operativos modernos, Andrew S. Tanenbaum, Prentice Hall]

al utilizar ciertos arreglos de memoria especiales para almacenar la información, con tales arreglos se potencia el procesamiento en paralelo al maniobrar con 32 a 64 CPU ó hasta 16384 CPU en modelos MIND [Multiple Instruction Multiple Data]. Afortunadamente, con la evolución tecnológica óptica ya se aplican la técnica de multiplexaje por división de longitud de onda [DWDM, Dense Wavelength División Multiplexing] que aporta la posibilidad de transferir *espectros* de datos en paralelo, bit a bit en fibras multimodo, para ser entregados en el bus de procesamiento del CPU sin interfaz alguna.

Tanto en la transmisión síncrona como en la asíncrona persiste un problema: el retardo de la señal (delay) al considerarse que el SC opera como una estructura disipativa e inclusive puede agregarse a esta interpretación la influencia de los retardos debidos al microprocesamiento interno de señales con longitudes de onda del orden de los nanosegundos que operan en la lógica del multiprocesamiento. Por supuesto, los sistemas con tecnologías ASIC junto con los circuitos embebidos están contribuyendo para dar respuestas a esta controversia "física" ocurrida por el alto desarrollo tecnológico de la electrónica aplicada a problemas específicos. No considerando esta noticia como una digresión sino como un disfrute que otorga la ciencia aplicada tiene que reconocerse ó que la sincronización dejará de ser útil en la microelectrónica ó que la ingeniosidad de los ingenieros en software harán declinar la influencia del "delay" en los SC.

En la transmisión asíncrona cada octeto de un bloque de mensajes transmitido es encapsulado entre el bit de inicio y los bits de parada. La polaridad de ambos es diferente, lo que, facilita la detección del inicio de la trama o bloque. **El circuito receptor podrá así determinar el estado o los estados y niveles de voltaje de cada secuencia de dígitos binarios.** Esto mismo, también, es especial ya que el muestreo de la señal es exactamente a la mitad de la celda del bit, es decir, en el centro del periodo del bit. Ver Figura 3.6.

Cuando se transmite bloques de octetos, cada bloque, también, se encapsula entre un par de caracteres de control con la intención de garantizar la sincronización del bloque [o de la trama], de tal manera, que el circuito receptor decide cual es el inicio y fin del mismo, Así podrá recibir varias secuencias de mensajes con más bits de información, verificando errores, secuencias y alineamiento de la trama. En telefonía básica se usa comúnmente el primer slot ó ranura de tiempo para efectos de sincronía.

Al incrementarse la cantidad de bits en los enlaces punto a punto, la **sincronización orientada a bits** estrecha una dependencia de los *códigos de línea* utilizados en los enlaces de transporte digital, esto ha generado una preferencia por el código que posibilita la **autosincronía**. La Figura 2.6 combina el código Manchester con un circuito DPLL [Digital Phase Locked Loop] el cual tiene como misión "enganchar" las señales del reloj jerárquico de Cesio con un arreglo VCO de - oscilador controlado por cristal -. **En una transmisión sincrona el reloj del receptor opera en sincronía con la señal recibida en código Manchester; de no ocurrir de esta forma se estaría operando con una transmisión asíncrona donde el reloj receptor funciona en forma no sincronizada con la señal recibida.**

**El receptor va a mantener la sincronía con la señal recibida cuando el DPLL aprovecha las transiciones de "unos" a "ceros" y viceversa en la secuencia 1 0 0 1 1 codificada en código de línea Manchester secuencia que resulta al detectar el cambio de umbral como una transición a la mitad de la celda del bit.** [Ver Nota en pagina 45]

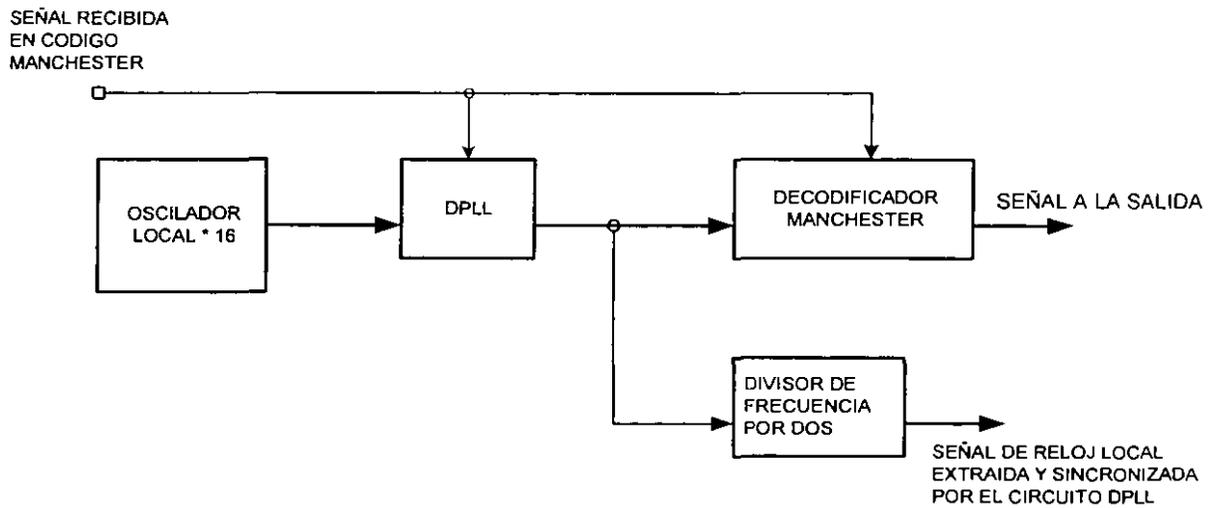
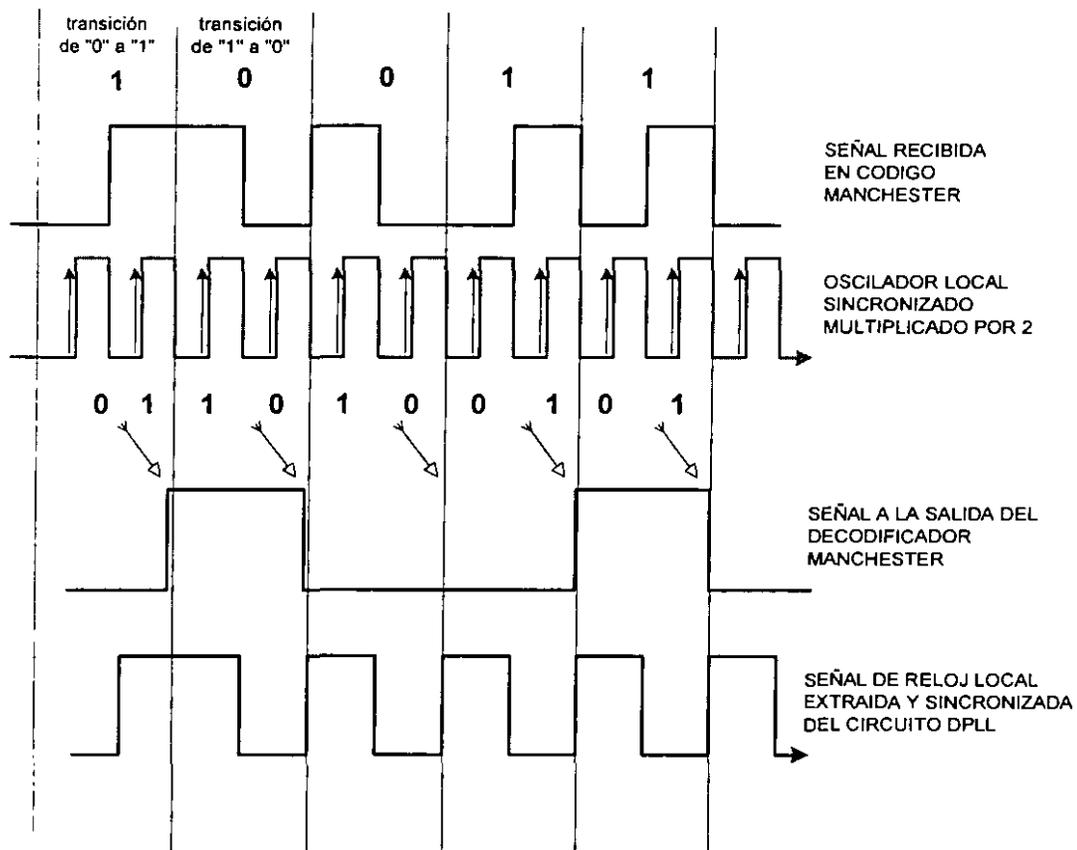


FIGURA 2.6: SINCRONIZACION DE BITS CON CODIFICACION MANCHESTER

## 2.3 LA RELACION MUESTREO Y SINCRONIA

Al observar la Figura 2.2. se nota que los procesos de muestreo/retención [sujeción] S&H [Sampled & Hold] están íntimamente relacionados con el proceso de sincronía. El filtro receptor pasobajas  $G_r(w)$ , filtra las frecuencias correspondientes de la señal de banda limitada  $x(t)$  que es entregada por el canal de comunicación con todo y ruido aditivo, además de las fluctuaciones de fase.

El muestreador siendo un elemento esencial para un sistema de tiempo discreto, incide en el proceso de digitalización de las señales analógicas continuas en el tiempo. Este circuito convierte las señales eléctricas en un tren de pulsos producidos en los instantes de muestreo  $T_m = 0, t, 2t, 3t, \dots$  en donde  $T_m$  es el período de muestreo mostrado en la misma figura enseguida del filtro receptor. En realidad este mismo proceso S&H es aplicado, también, en el uso de las diversas técnicas de modulación electrónica en razón de la teoría de la modulación digital [PCM. Por ejemplo] en donde los mensajes se representan por pulsos digitales codificados en amplitud [PAM] siguiendo la lógica de la conversión analógica/digital y viceversa: (1) muestreo, (2) cuantificación y, (3) [de]codificación. Pero, el interés de esta tesis no se funda solo a esta descripción sino que adquiere relevancia cuando se reconstituye la señal original por el filtro receptor de datos  $G_r(w)$ , es decir en aquella función que relaciona la señal de banda limitada con la variable tiempo, además de: los defasamientos ó corrimientos ó deslizamientos en tiempo de la señal capturada. Además de la detección y posterior procesamiento: la sincronización. El **proceso de control** vigila y corrige las acciones del reloj receptor en razón del contenido temporal "extraído del canal" y, por lo tanto, de la fuente original de la información: el emisor. Pero, el receptor de la señal  $s(t)$  es un sistema mas relevante para la sincronización.

Quizá una explicación matemática muy detallada que involucre el Teorema de Convolución y la Transformada de Fourier para los sistemas continuos en el tiempo y la Transformada Z para sistemas de tiempo discreto pudiera definir con mayor precisión el análisis que se pretende. Pero, el espacio y la definición del tema lo impiden. De hecho, la notación utilizada indica que  $G_t(w)$ ,  $G_r(w)$ ,  $C_t(w)$  representan su transformada de Fourier y que  $y(t;\epsilon)$  es la función que contiene la recuperación de la señal original detectada en forma coherente por el demodulador en  $G_r(w)$  aquí, es necesario observar la naturaleza dual

de la multiplicación en el dominio del tiempo y la convolución de espectros en el dominio de la frecuencia ya que en el uso de los osciladores locales correspondientes tendrá que ajustarse, necesariamente, la frecuencia y la fase de las señales transmitidas y recibidas.

El teorema del muestreo uniforme de **Nyquist** [*muestreo periódico convencional ó uniforme*; y otros como: de orden múltiple, de ritmo múltiple y muestreo aleatorio] es fundamental para la *digitalización de la voz*. El dispositivo A/D proporciona la conversión analógico digital mientras el filtro pasobajas FPB cumple con la misión de limitar el rango de frecuencia de la señal de voz a banda limitada 200-3400 Hz, además, facilita la inteligibilidad de la voz al capturar la energía del espectro de la señal, de banda audible muestreada a una velocidad de 8000 Hz. La no-linealidad del oído estaría gobernada por las leyes  $\mu$  y A de los decodificadores del cuantizador de nivel Q. La señal de muestreo o discretización es efectuada cada 125  $\mu$ seg por muestra, hace cumplir el teorema al reconstruir la señal original tan solo con las muestras "retenidas". La teoría de la estabilidad de los sistemas de Nyquist [año de 1932 ] es reafirmada un poco esto puesto que al duplicarse el ancho de banda de la señal interés a 4000 Hz la digitalización de toda señal VVD es soportada, aún, por la red telefónica de conmutación pública Figura 2.3A.

El circuito PLL de la Figura 2.3.C amarra la señal PAM  $y(t; \epsilon)$  que contiene la variable tiempo y fracciones de error generadas, ya sea, por interferencia intersimbólica, ruido aditivo ú otro tipo de perturbación. Esta fracción de señal con error es ajustada con el "loop" de control del oscilador VCO y comparada en fase indicando la magnitud y el signo del error. Así, el muestreador (sampling) extrae la señal de reloj de 8000 Hz y el sincronizador opera en armonía con señales estabilizadas en tiempo continuo ó en tiempo discreto.\*

\*Instante y estabilidad parecen dos conceptos confundidos. En la ingeniería del futuro debe ser considerada como una simbiosis relevante. La estabilidad conserva la noción de equilibrio de un sistema viviente o un sistema de comunicación perfectamente armonizado. El concepto instante esta implícito como atributo de los nuevos sistemas de comunicación que tecnológicamente están procreando la "instantaneidad" en las comunicaciones con redes como la Internet 1 y 2. [IP<sub>4</sub> e IP<sub>6</sub>]

**NOTA[de pagina 42:** Por lo regular, la frecuencia de reloj, que es, treinta y dos [32] veces la tasa de bits empleada en el enlace de datos, es decir, 2048 KHz. El DPLL la utiliza para derivar el intervalo de tiempo entre muestreos sucesivos del flujo de bits recibidos. Si circunstancialmente hubiera variaciones de reloj el DPLL genera un pulso de muestreo cada 32 periodos de reloj. Cuando se recibe el primer octeto de la trama DPLL generara pulsos de muestreo en el centro nominal de cada celda de bit y realizara ajustes finos cuando así se requiera

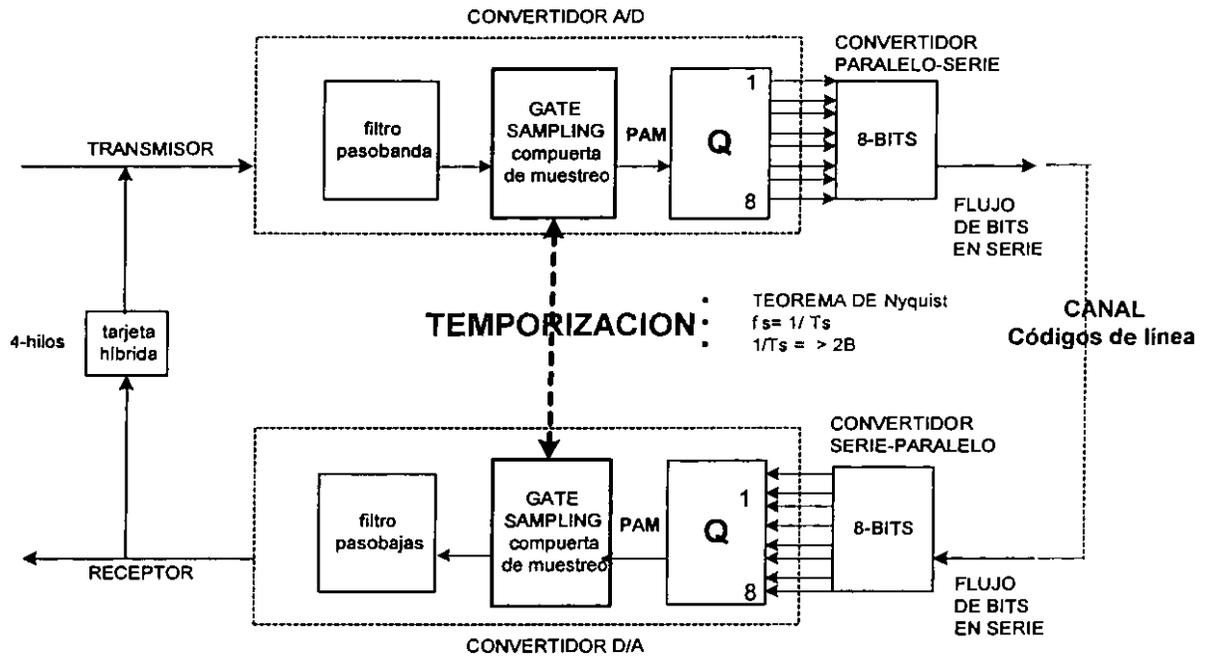


FIGURA 2.3.A: CONVERSION ANALOGICO DIGITAL CON TEMPORIZACION DE MUESTREO DE UNA SEÑAL PAM

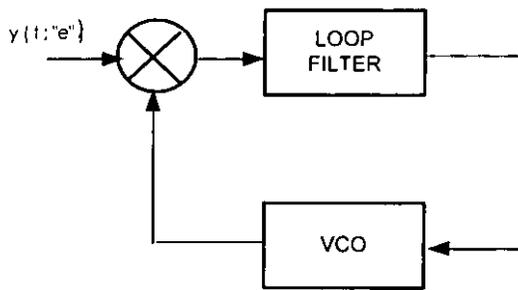


FIGURA 2.3.B: PLL OPERANDO CON UNA SEÑAL PAM

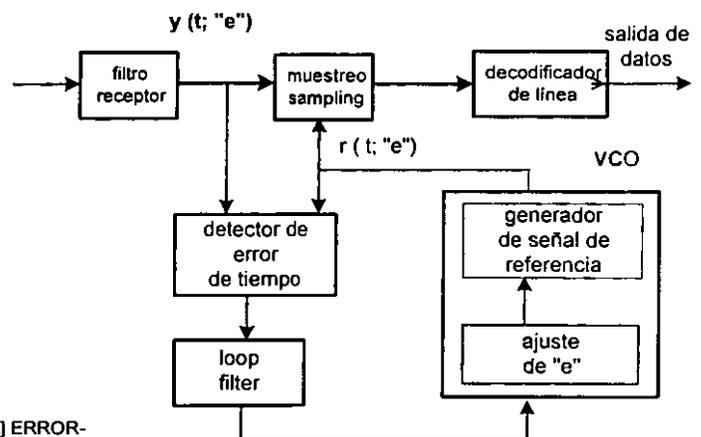


FIGURA 2.3.C: SINCRONIZADOR \* DE ERRORES DE UNA SEÑAL PAM

Nota: SON DISTINGUIDOS DOS TIPOS DE SINCRONIZADORES: A) ERROR-TRACKING SYNCHRONIZERS\* [ realimentación de lazo cerrado] y, B) FEEDFORWARD SYNCHRONIZERS [lazo abierto]

## 2.4 MODELO DE SINCRONIZACION AISSR

### ASPECTOS RELEVANTES:

EL modelo AISSR propuesto tiene que ver con la *evolución tecnológica* de la red nacional telefónica de Teléfonos de México S.A de C.V., y con su Plan de Sincronización modificado 3 de julio de 1996. También, con la adquisición de conocimiento agrupado en manuales, normas y teoría de las telecomunicaciones; es un tema consistente con la **inteligencia distribuida** en las redes actuales.

Sería arriesgado e impreciso hablar de un **sistema de comunicación** [SC] en forma aislada estando en la "época de los sistemas abiertos a la información como al conocimiento". Precisamente, el atributo principal de un SC es ser "generador de diálogos" entre el emisor(es) y destinatario(es) de la información. Por lo mismo, **hace común** hechos ó evidencias muy **a pesar de la distancia entre ellos y las diferencias en tiempo coordinado [UTC]**; los mensajes ó las señales llegan porque llegan. Es por eso, que un SC tiene que ser, "**forzosamente**", un sistema abierto más dispuesto al dialogo libre de errores que a monólogos. ¿Cómo sería un SC que estableciera monólogos, que no dejara fluir su información, y que se autoorganizara con reglas internas y con protocolos de autocomunicación?. Otra característica, sobre todo de un sistema de telecomunicaciones digitales, es que es *alterable y corruptible* ya que, por efectos corruptos [envejecimiento, ruidos blanco ó térmico e impulsivo y distorsión por retardo ó interferencia entre símbolos] puede degenerar y tornarse en un SC de muy baja relación S/N, ineficiente y caótico.

*NOTA: Gibbs, Shannon y Weaver relacionaron los conceptos de entropía e información. La información es estructura y es organización. Es un antecedente para la gestión del conocimiento.*

Ahora bien, cuando el **SS** interactúa con un sistema integrador de redes SC violenta posiblemente el principio de la *ingeniería de sistemas* que dice que nunca una de las partes puede ser más importante que el todo. Con el paradigma del **proceso de digitalización** se abrogó la teoría de la competencia entre SS y SC, es decir, la propia convergencia tecnológica lo justifica; en esta, **son más aptos los sistemas cooperativos los "más inteligentes" porque agregan conocimiento** y favorecen a las **telecomunicaciones**. El **reto para el estado del arte es notar la armonía entre SS y SC y la calidad de servicio.**

El prototipo propuesto AISSR, *no es precisamente un sistema simple de control automático, más bien pretende ser un sistema de control realimentado adaptativo con funciones de aprendizaje dentro de la red ó SC*, su comportamiento debe ser útil a los sistemas involucrados en el entorno de arquitectura de una red inteligente armonizada por su proceso de sincronización. Se pretende impulsar con AISSR un modelo de optimización. Los hechos y evidencias en los que se fundamenta están asociados a reglas, como son los estándares de la ITU-T y el Plan de Sincronización vigente. **La correlación que existe entre los parámetros como la estabilidad de las fuentes temporizadoras y los indicadores de calidad de los enlaces digitales, no solo tienen que ser monitoreados sino recopilados como conocimiento ó información útil para comportamientos y predicciones de red en tiempo real**. La estabilidad que proporciona el SS a la red de telecomunicaciones se efectúa a través de la difusión señales temporizadas por referencias de reloj primarias. La estabilidad y el reloj son dos factores dependientes, simbióticos que se "anudan ó se enganchan" en todo el proceso de comunicación con el objetivo de mantener la calidad de funcionamiento del SC en forma absoluta. En términos de eficiencia el SC es estable o es inestable en función de perturbaciones permanentes u ocasionales. El reloj es un cronometro, un medidor del tiempo, ¿pero, que es el tiempo y como se aplica en los sistemas de medición estandarizados? **¿cómo medir y utilizar algo que se desconoce?** Las respuestas las han tratado tanto filósofos como Aristóteles hasta espléndidos escritores como Jorge Luis Borges, pero la pragmática de los técnicos e ingenieros ha sido mas eficaz y contundente, dan resultados útiles a todos [a partir de Kepler y Newton, incluyendo a Huygens] para innovar y construir una gran diversidad de relojes: de sombra, mecánicos, solares, **de cristal, atómicos** y ópticos. **Todos en la búsqueda de un objetivo común: la exactitud**. Ante tal complejidad es indudable que la tecnología electrónica es la piedra angular en los desarrollos modernos aplicados indiscriminadamente en los SS y SC

Exactitud y precisión son elementos en correspondencia. En las referencias de reloj, la exactitud correlaciona dos factores importantes: el nivel ó umbral de la señal - en lazos de voltaje o corriente- a la entrada del SC y las fluctuaciones de fase de la señal de sincronía. *La exactitud es expresada como un porcentaje.*

Por otro lado, la precisión o estabilidad de un reloj - en nuestro SS- es la  $\eta\alpha\beta\lambda\iota\delta\alpha\delta$  para reproducir las lecturas de las señales binarias con una cierta exactitud, la estabilidad es útil para sostener la exactitud de la frecuencia de la señal de reloj durante un intervalo de tiempo. La exactitud de las referencias de reloj son programablemente ajustadas por microcontroladores, no más allá de la precisión del propio reloj. Ver Tablas 2.1 y 2.2

Con el modelo AISSR se pretende injertar en el SS un agente inteligente que **gestione el conocimiento** adquirido de teorías y almacenado en manuales, en Normas de la ITU-T y el Plan Nacional de Sincronización de TELMEX. El tipo de modelo elegido tiene una estructura matricial que define al tipo sistema y la señal involucrada con todos los atributos y reglas de comportamiento como eventos discretos que tienen una distribución estadística gaussiana y que conforman junto a la fluctuación de fase y/o ruido aleatorio los objetivo a controlar por el sistema inteligente AISSR propuesto en forma esquemática.

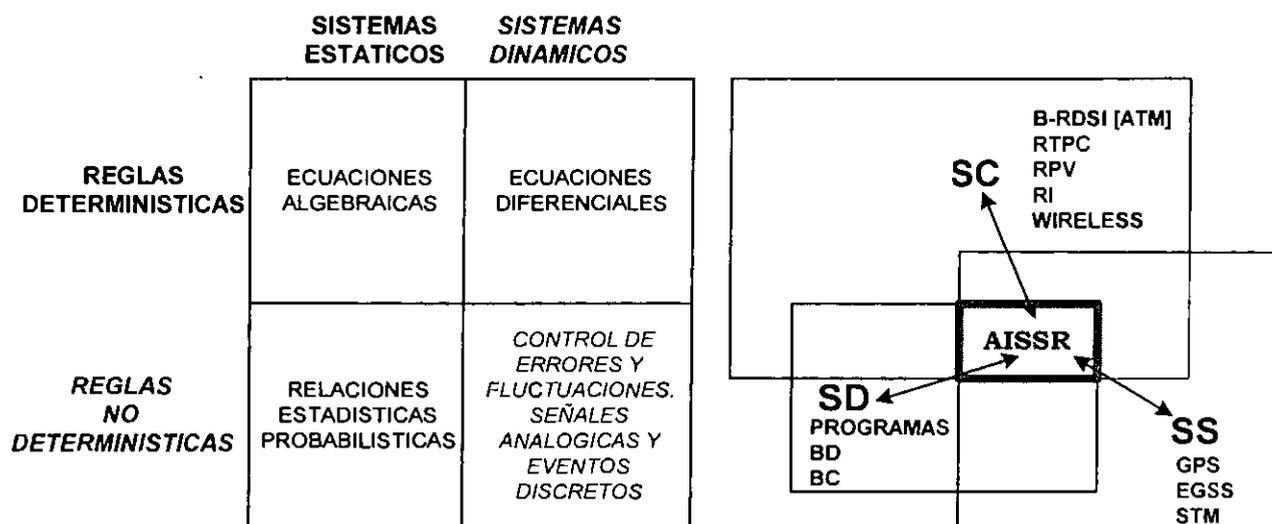


FIGURA 2.9: ENTORNO DE AISSR Y EL TIPO DE SEÑAL QUE CONTROLA

| DE RELOJ                       | TECNOLOGIA               | EXACTITUD               |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Reloj atómico [GPS satelital]  | Resonancia de Cesio      | $10^{-11}$ a $10^{-13}$ |
| Reloj atómico [en sitio]       | Resonancia de Cesio      | $10^{-11}$ a $10^{-13}$ |
| Reloj atómico                  | Resonancia de Hidrogeno  | $10^{-11}$ a $10^{-13}$ |
| Reloj de Rubidio               | Osciladores a cristal    | $10^{-9}$ a $10^{-10}$  |
| Reloj a cristal [doble horno]  | Osciladores a cristal    | $\sim 10^{-9}$          |
| Reloj a cristal [horno simple] | Oscilador a cristal      | $\sim 10^{-8}$          |
| Reloj a cristal [Ver Nota *]   | Oscilador a cristal      | $\sim 10^{-6}$          |
| Reloj a cristal                | Resonancia no compensada | $\sim 10^{-5}$          |

TABLA 2.1: Atributos de las Fuentes de Referencia Temporal

| TIPO DE CRISTAL | APLICACIONES | ESTABILIDAD | ENCAPSULADO |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|
|-----------------|--------------|-------------|-------------|

|  |   | [ppm]        |   |
|--|---|--------------|---|
| Cuarzo   | Aplicaciones rudimentarias  | 20 a 100     | Sellado a metal   |
| Oscilador de Cristal no compensado               | Sistemas digitales y en relojes a microprocesador                       | 20 a 1000    | En DIP, volúmenes menores a 0.1 in <sup>3</sup>   |
| TCXO [compensado en temperatura]                 | Telecomunicaciones a satélite   | 0.1 a 5      | Prediseñados, 0.5 in <sup>3</sup>   |
| VCXO [compensado por voltaje]                    | Telefonía celular, a satélite, GPS, como parte de TCXO, PLL             | 20 a 100     | Prediseñados, 0.5 in <sup>3</sup>   |
| OCXO [control de horno]                          | Contadores de frecuencia, Navegación, defensa, analizadores de espectro | 0.0001 a 5   | Prediseñados, varios volúmenes 0.1 in <sup>3</sup> baja estabilidad<br>100 in <sup>3</sup> alta estabilidad |
| DCXO/MCXO Compensado por microprocesador digital | Video, militares, telecomunicaciones, radio bases                       | ± 0.02 a ± 1 | Prediseñados  |

**TABLA 2.2: Atributos y Aplicaciones de Estabilidad de Frecuencia**

**NOTA\*** Basados en osciladores compensados a temperatura, a voltaje, control de horno, digitales compensados por microprocesador. Cabe aclarar que solo se hace mención de estos para información del lector pero, para el tema de este capítulo solo son referencias complementarias, ya que este tema bien podría desarrollarse en otra tesis o estudio especializado.

Las Figuras 2.9 condensa esquemas precedentes acerca de la interacción de los SS, SC, y un SD que opera en una plataforma cliente/servidor de tres niveles [Fig. 5.1], se asume la responsabilidad de las normas G784 y M3010 en una arquitectura TMN implementada en la red óptica SDH. La creación de Bases de Datos BD a partir de la información y de Bases de Conocimiento BC [BD D&K] a partir de aplicación de una metodología heurística que tiene como objetivo principal determinar las trayectorias óptimas de un árbol binario que tiene atributos definidos. El prototipo "agente inteligente" AISSR podrá elegirse según el costo y atributos característicos del *Shell* que podrá ser usado como esqueleto en el Sistema Experto.

En si, el SS es una estructura jerárquica despótica configurada como Maestro-Esclavo en el Plan Fundamental de Sincronización elaborado antes por TELMEX [1995], hoy es responsabilidad de la SCT, Artículo 41 de la Ley Federal de Telecomunicaciones, Diario Oficial 7 junio 1995. Con los planes fundamentales se aplican las reglas ó recomendaciones de la ITU-T, G.811, G.812 y G.813 para las referencias nacionales de sincronización RNS. Estas reglas significan el conocimiento privado (heurístico) y el conocimiento público de los manuales en base de datos de red ya elaborados como cargas. Se hace énfasis en dos atributos operativos de la red: A] La estabilidad concomitante a los

deslizamientos ó fluctuaciones y, B] La calidad, y por tanto el desempeño de la red edificada con enlaces digitales.

El modelo AISSR estaría inmerso en un SC; lo que indica implícitamente que sería aplicable a un "mundo tecnológicamente innovador" podrá ser substantivamente útil si se diseña en función de los expertos humanos que dominan la metodología de sincronización de redes. Todo estaría ó sería, en razón de la "innovación tecnológica" que sucedió en TELMEX a partir de 1985. La topología de la red de sincronización hoy existente fue reelaborada en base a la experiencia de los hechos y al conocimiento por venir. Es aquí, cuando surgen realmente las redes de telecomunicaciones modernas en México.

### **MODELO AISSR orientado a l conocimiento de Normas.**

El AISSR es un modelo analítico que **diagnostica y predice** la sincronía de una Red Digital de Transmisión ó SC. El mismo modelo se describe en forma esquemática ya que, de otra manera, la tesis debería haber hurgado en análisis estocástico y estadístico ó en la teoría avanzada del tráfico ó en la teoría de sistemas de espera [queueing], lo cual no es el objetivo de este estudio. Sin embargo, se propone un modelo que exige un análisis referencial. AISSR es tan solo un prototipo, un molde inicial, apegado a una realidad intensamente y extensamente cambiante, toma como referencia conocimiento adquirido y evaluado en forma escrita además, de la experiencia humana.

Cada día que transcurre va agregándose mas **inteligencia distribuida, conocimiento e innovación a las redes de telecomunicaciones en forma de tecnología,** se va **emigrando a "sistemas mas inteligentes:** de PDH a SDH, de MFC a CCS#7, de RTPC a RI, de plataformas de gestión de O&M a TMN, de RDI a B-RDSI [ATM]. **La red de Sincronía, en el caso de México, debe pasar del tradicional monitoreo y supervisión a la gestión del conocimiento [Knowledge Management, KM].**

Es a partir de 1998 cuando va definiéndose la nueva estructura del SS al sustituirse los viejos relojes atómicos de Cesio [Austrom, 1991] por generadores de trama EGSS [Wandell&Goltermann] y unidades de sincronización de red NSU [HP55400A] en un ambiente de emisores en anillos ópticos de supervisión y protección. Además, la modificación incluye el funcionamiento [y operación ubicuo] del sistema GPS [Global Positioning System] el cual, contempla al Tiempo Universal Coordinado UTC.

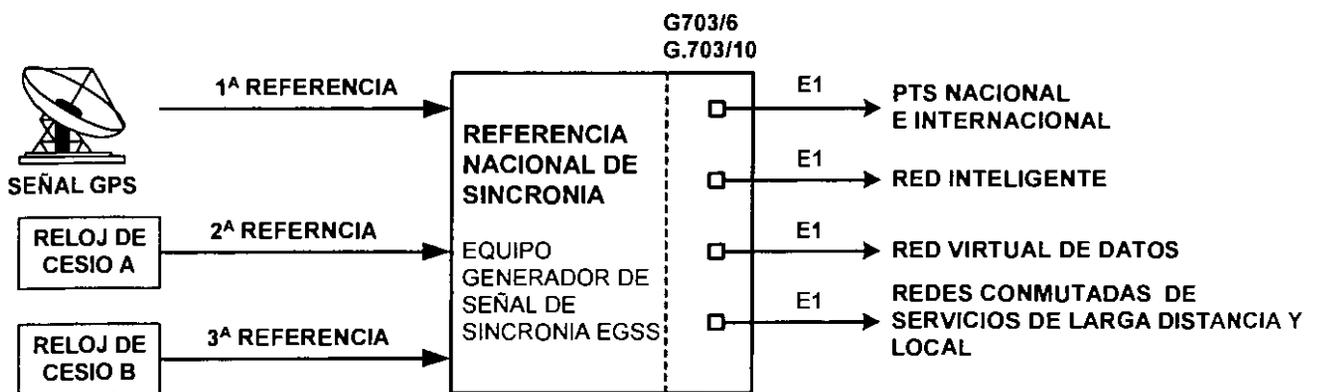
Las referencias de sincronía son transportadas y distribuidas por señales analógicas puras de 2.048 MHz y señales discretas de 2.048 Mbts/seg. para sincronizar externamente al anillo SDH de 2.5 Gbts/seg. Figura 2.7. Las referencias nacionales de sincronía son fuentes de referencias primaria constituidas por dos osciladores de haz de cesio y un receptor GPS, una interfaz de la FRP [generadores de señales de tiempo] y 40 salidas E1 a 2.048 Mbts/seg. [dos módulos] y 20 salidas E1 de una señal pura sin armónicos de 2.048 MHz [tres módulos] cada módulo genera 30 salidas E1 redundantes. El patrón estándar de cesio es de estrato uno con una exactitud de  $1 * 10^{-11}$  UTC para un rango de temperatura de 0 a 50 °C con un tiempo de operación de ocho años. Las salidas de las referencias nacionales están definidas en la capa física por el estándar G703.6 y G703.10 respectivamente.

El receptor de la señal GPS captura la señal por medio de una pequeña antena conectada por fibra óptica. La señal GPS proviene de un reloj de cesio contenido en los 24 satélites de NAVSTAR [Naval de EU] con una exactitud de  $1 * 10^{-11}$  UTC con tiempo de vida útil de 20 años. El sistema GPS inicio operaciones el 8 de diciembre de 1993, es controlado por el Departamento de Defensa de EU para mantener el control de todas las aplicaciones de tipo tecnológico en las áreas militares y en todo SC regional. Es útil, además, como sistema de ubicación cualquier tipo de recursos renovables y no renovables y en localización de entes móviles. Para estas aplicaciones es fundamental que la estabilidad de la frecuencia definida por  $\Delta f / f$  de los relojes GPS y RPS [RNS] sea óptima. Así, el contenido de los mensajes no sufren por corrupción de errores ó por retrasos ó deslizamientos ó fluctuaciones.

| TIPO DE RELOJ                  | FRECUENCIA DE OSCILACION GHz | ESTABILIDAD POR DIA $\Delta f / f$ | PERDIDADE SEGUNDOS |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| OSCILADOR DE CRISTAL DE CUARZO | .005 [TÍPICO]                | $10^{-9}$                          | 30 Años            |
| RUBIDIO                        | 6,834,682,613                | $10^{-12}$                         | 30 000 Años        |
| CESIO                          | 9,192,631,770                | $10^{-13}$                         | 300 000 Años       |
| MASER DE HIDROGENO             | 1,420,405,751                | $10^{-15}$                         | 30 000 000 Años    |

**Tabla 2.4.**

La estabilidad de un reloj es independiente del tiempo, es decir, que a cualquier variación  $\Delta f$  [ drift frequency] de frecuencia de una señal ocurrida [en tiempo real] por razones de vejez del reloj ó por desviaciones circunstanciales ajenas al propio reloj ocurridas en la estructura jerárquica del SS. La estabilidad y la exactitud son dos atributos de los relojes de referencia de una red digital de telecomunicaciones compleja, como la de Telmex. En este sentido poco puede hacer TELMEX respecto a los esquemas de control tecnológico; le es necesario recurrir a los sistemas de posicionamiento global GPS [tiempo absoluto] u otro reloj atómico posicional como LORAN-C. Asimismo, la administración del operador de red pública de telecomunicaciones *debe tener un sistema relativo propio de sincronización redundante* que opere en forma despótica ante las diferencias, tal como acontece en los sistemas dictatoriales que regularmente heredamos. Nuestro sistema AISSR es cooperativo, pues admite la "jerarquía" como parte de la cooperación entre sistemas y no como sometimiento entre iguales. En este punto, es preciso recordar que los sistemas despóticos son muy estables cuando el sometimiento también es estable. No pueden existir sistemas "poderosos" si no existen elementos que aceptan por voluntad propia el sometimiento al sistema de referencia. Por lo anterior, aquí reproducimos la idea de que un concepto paradigmático como es la sincronización armoniza los sistemas de comunicación y controla la entropía que lleva al caos a los SC.



**FIGURA 2.8: RNS PARA REDES DE TELECOMUNICACIONES PUBLICAS**

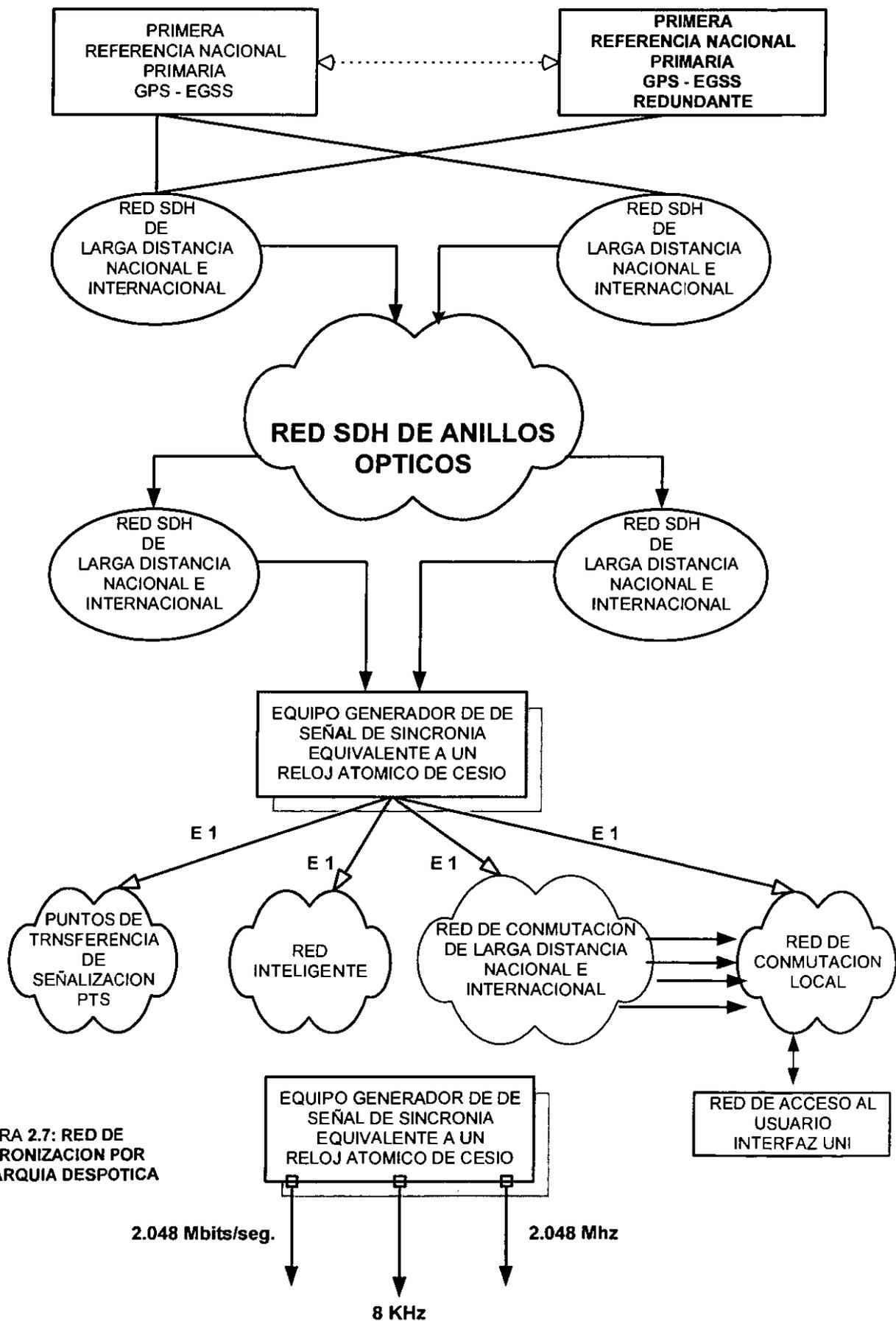


FIGURA 2.7: RED DE SINCRONIZACION POR JERARQUIA DESPOTICA

## ASPECTOS QUE DEBE CUBRIR EL PROTOTIPO AISSR.

1. Actuara en un sistema de telecomunicaciones sumamente complejo. El molde inicial de AISSR **diagnosticara** el estado de veintidós nodos a nivel nacional [Red de Larga Distancia] conforme una arquitectura jerárquica de sistema distribuido orientado a objetos [entidades]. El SD le dará la ventaja de compartir recursos, aumentar el performance y alta disponibilidad al agente inteligente.
2. El sistema distribuido SD actuara en una plataforma cliente/servidor UNIX en una arquitectura de tres niveles que soportara diversas aplicaciones orientadas a relaciones entre objetos C/S. Utilizando como método de comunicación propio de C/S al método RPC de llamadas a procedimientos remotos localizados en el servidor ó una arquitectura CORBA [OMG,1991] que es una arquitectura común de corredores de solicitudes de objetos muy usada en los sistemas TMN en proceso de normalización [1995] en la creación de bases de datos y de conocimiento [BD D&K] como bases de información de administración MIB distribuidas en red.
3. El funcionamiento operacional del prototipo estará fundamentado en la estructura de un Shell comercial [esqueleto] que contenga mecanismos de razonamiento inductivo y deductivo [híbrido] que servirán para probar las reglas de producción e hipótesis acerca del estado de los enlaces y referencias de sincronía primaria ó secundaria del SS y los impactos en el SC. **También, inferirá y a partir de la comprobación de las hipótesis planteadas podrá predecir cuales serían los sistemas que pueden fallar.**
4. La BD relacionada será creada a partir de la norma SQL inmersa y, la BC estará sujeta a las formulas lógicas y a los consecuentes encadenamientos que prueban las reglas y sostienen los objetivos. De esta manera se irán probando y recopilando los estados de los enlaces y nodos correspondientes.
5. Las tablas relacionadas contendrían los atributos de los datos de red y todas las ocurrencias fuera de norma, **su estadística y la predicción** de enlaces ó nodos con daños. Para clasificar en clases los datos se usara el método **inductivo e iterativo** de clasificación de atributos ID3. Los actuales equipos de supervisión usados en los sistemas de acceso de interconexión digital SAID y los bloques almacenados de supervisión de tráfico TCS complementaran la labor del prototipo AISSR. Estos métodos tradicionales de supervisión, monitoreo y medición [performance] tienden hacia la convergencia con el paradigma de gestión del siglo XXI TMN que complementado por un elemento inteligente AISSR para una compleja red de telecomunicaciones podrá diagnosticar el estado de los relojes primarios de cesio y predecir antes de que fallen por efecto de las fluctuaciones internas y externas de los enlaces digitales seleccionados y capturados con daño y recopilados en la Base de Datos D&K [datos+conocimiento]; la Base de conocimientos del AISSR inferirá, con razonamiento lógico la acción a tomar. El SHELL KES es el elegido debido a sus características que están identificadas con procesos de diagnostico. Fig. 2.10 A y Fig. 2.10 B.

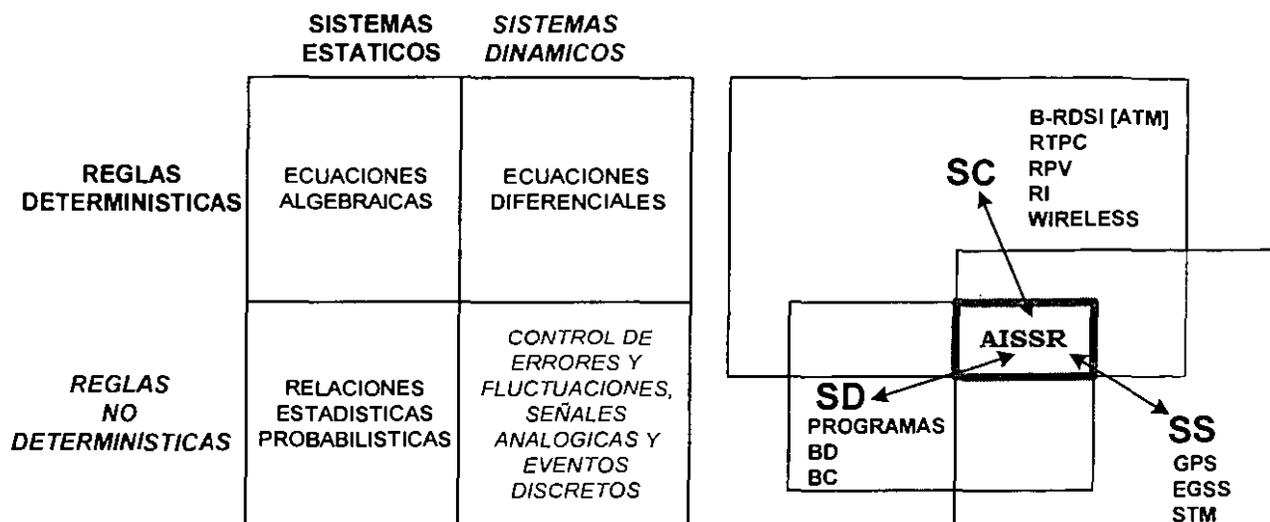
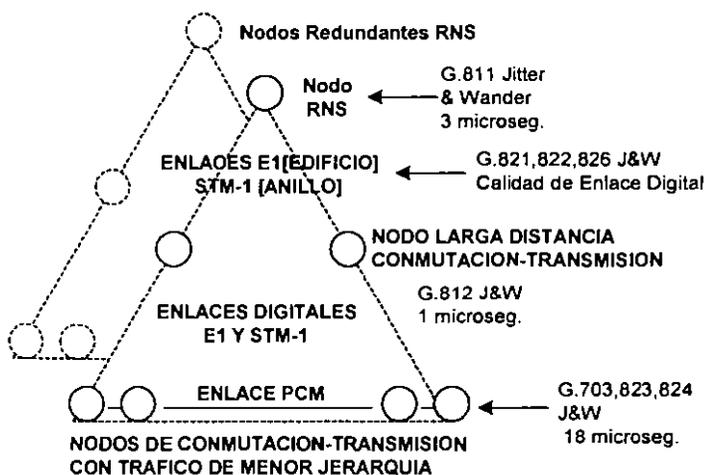


FIGURA 2.9: ENTORNO DE AISSR Y EL TIPO DE SEÑAL QUE CONTROLA

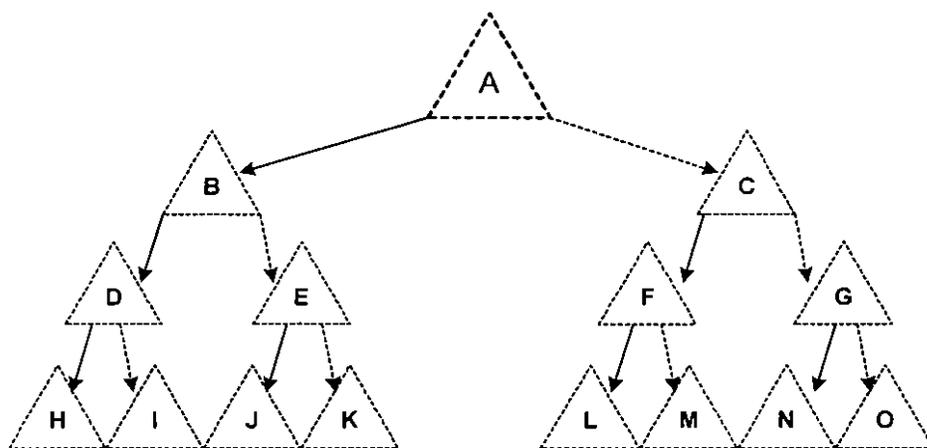
⇔ VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROTOTIPO AISSR.

- INCREMENTA LA DISPONIBILIDAD DE CONOCIMIENTO INGENIERIL EN EL SECTOR DE LA TELEFONIA [TELECOMUNICACIONES]
- SU INSERCIÓN REDUCE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
- ES CONSISTENTE POR SU FUNCIONAMIENTO "INTELIGENTE" EN UN ENTORNO TECNOLÓGICO DE REDES INTELIGENTES DE BANDA ANCHA
- FACILITARA EL USO DE MÚLTIPLES EXPERTOS
- INCREMENTARA LA CONFIANZA EN LAS SOLUCIONES PUES DETRÁS DE EL HAY MUCHO CONOCIMIENTO DE COMUNICACIONES Y SINCRONIA
- A TRAVÉS DE LA INTERFAZ DE USUARIO PUEDE EXPLICAR SOLUCIONES Y PREGUNTAS EN ARQUITECTURA CLIENTE / SERVIDOR
- FAVORECE EL INCREMENTO DE VELOCIDAD DE OBTENCIÓN DE RESPUESTA
- EN ESPECTOS DE CAPACITACIÓN ACTUA COMO TUTOR INTELIGENTE
- EL PASO DE PROTOTIPO A DESARROLLO IMPLICARA ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO DE EXPERTOS HUMANOS

## PROTOTIPO AISSR: ASPECTOS Y PREDICCION



| ELEMENTO                   | ATRIBUTOS                 | FLUCTUACION            | NORMAS ITU            |
|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| Nodo RNS_1<br>Primario     | Estabilidad<br>&Exactitud | J&W&                   | G811&812              |
| Link_RNS                   | Calidad                   | J&W                    | G821&822&826          |
| Nodos<br>Esclavo_2         | Estabilidad<br>&Exactitud | J&W&Pointer            | G811&812&813          |
| Link_Nodo N                | Estabilidad +<br>Calidad  | J&W_Acum<br>&Noise     | G821&822&826          |
| Nodos<br>Esclavo_3,N       | Estabilidad +<br>Calidad  | J&W_Acum<br>&J_Pointer | G821&822&826          |
| Nodos de<br>Gestion<br>TMN | Umbrales<br>BER           | Delay                  | G821&822&826<br>M3010 |



### ARBOL EN DERIVACION DE NODOS DE SINCRONIZACION:

Estructura de datos que organiza los atributos o descriptores de la tabla. El árbol de decisión es un medio de decisión que puede ser utilizado con funciones predictivas.

La raíz del árbol corresponde al atributo categorizado que tiene el menor valor de entropía. Para este caso es el nodo A

A NODO RPS [CESIO]  
 AB=AC ENLACES RPS\_NODOS1\_22  
 B =C NODOS LD [RSS,RUBIDIO,TRAFICO INT]  
 BD=BE ENLACE NODOS 1\_22[CONFIG\_ESTRELLA]  
 CF=CG ENLACE NODOS 1\_22[CONFIG\_ESTRELLA]  
 D=E=F=G NODO LD [RSS,RUBIDIO,TRAFICO NAC]  
 H=I=J=K=L=M=N=O NODOS [TRANSITO, TRAFICO LOCAL]  
 DH=DI=EJ=EK=FL=FM=GN=GO ENLACES NODOS LD LOCAL

### HERRAMIENTAS: USADAS PARA OPTIMIZAR SOLUCIONES EN SS CON FUNCIONES DE PREDICCION

- + ID 3 CLASIFICACIÓN DE ATRIBUTOS
- + SHELL COMERCIAL PARA DIAGNOSTICOS KES [KNOWLEDGE ENGINEERING SYSTEM] USO DE REGLAS DE PRODUCCION, PARA ADQUISICION DE "CONOCIMIENTO" DEL SISTEMA SS+SC+SD.
- + SISTEMA DISTRIBUIDO ORIENTADO A OBJETOS CON USO DE AGENTE INTELIGENTE
- + SISTEMA DE ACCESO DE INTERCONEXIÓN DIGITAL SAID [COMPLEMENTARIO]

INFORMACION DE ATRIBUTOS

| Muestras de la población SISTEMA Larga Distancia | ESTABILIDAD ^ EXACTITUD | JITTER ^ WANDER UI* 2048 139 264 | CALIDAD LINK_NODO ES 15 min[1] ESS 15 min[2] MD | ESTABILIDAD RPS RSS         | UMBRALES % BER BAJO ALTO | CLASES: TIPO 1 TIPO 2 TIPO 3 |
|--|-------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| NX-VI N05  | 7X10 <sup>-12</sup>     | 1                                | 120[1]  | 2.162X10 <sup>-11</sup> día | 1.01                     | 1                            |
| MTY-SJ N8  | 7X10 <sup>-12</sup>     | 1.5                              | 120[1]  | 2.162X10 <sup>-11</sup> día | 0.99                     | 1                            |
| SJ-ES N009                                       | 2X10 <sup>-12</sup>     | 1                                | 15[2]   | 2.162X10 <sup>-11</sup> día | 0.95                     | 1                            |
| SJ-ES 2113                                       | 2X10 <sup>-9</sup>      | 0.2                              | 120[1]  | 1x10 <sup>-11</sup>         | .06                      | 3                            |
| CTG-ES N5  | 2X10 <sup>-12</sup>     | 1.5                              | 15[2]   | 1x10 <sup>-11</sup>         | 0.02                     | 2                            |
| STM1 SJ-ES                                       | 2X10 <sup>-12</sup>     | 0.0075                           | 15[2]   | 2.162X10 <sup>-11</sup> día | 0-001                    | 1                            |
| SJ-TUL N9  | 7X10 <sup>-12</sup>     | 1.5                              | 15[2]   | 2.162X10 <sup>-11</sup> día | 1                        | 3                            |
| SJ-VL 2122                                       | 2X10 <sup>-9</sup>      | 1.4                              | 120[1]  | 1x10 <sup>-11</sup>         | 1.03                     | 3                            |
| STM2 SJ-ES                                       | 2X10 <sup>-12</sup>     | 1.5                              | 15[2]   | 2.162X10 <sup>-11</sup> día | 0.002                    | 1                            |
| SJ-FUE N8  | 7X10 <sup>-12</sup>     | 1.8                              | 15[2]   | 2.162X10 <sup>-11</sup> día | 0.001                    | 2                            |
| CEN-SJ N4  | 7X10 <sup>-12</sup>     | 1                                | 120[1]  | 2.162X10 <sup>-11</sup> día | 0.1                      | 2                            |
| SJ-ES 2114                                       | 2X10 <sup>-9</sup>      | 1                                | 120[1]  | 1x10 <sup>-11</sup>         | 1.01                     | 3                            |
| ES-SJ 1211                                       | 2X10 <sup>-9</sup>      | 1                                | 15[2]   | 1x10 <sup>-11</sup>         | 1.01                     | 3                            |
| SJ-ES 1212                                       | 2X10 <sup>-9</sup>      | 0.0075                           | 120[1]  | 1x10 <sup>-11</sup>         | 1                        | 3                            |

**TABLA ATRIBUTOS Y CLASIFICACION DE NODOS O ENLACES CON FLUCTUACIONES**

A ) ALGORITMO ID3. Iterativo Dicotómico [QUINLAN, 1986]

$$H[A_k] = \sum^{\circ} P[A_k / J] * [- \sum^{\circ\circ} P[C_i / A_{kj}] \log_2 P[C_i / A_{kj}]]$$

H[A<sub>k</sub>] representa la entropía del atributo A<sub>k</sub>

P[A<sub>k</sub> / J] expresa la probabilidad del atributo A<sub>k</sub> al tener un valor J

P[C<sub>i</sub> / A<sub>kj</sub>] representa la probabilidad de la clase C<sub>i</sub> [1,2,3] cuando el atributo A<sub>k</sub> tiene un valor j

Σ<sup>°</sup> representa la sumatoria de j=1 hasta M<sub>i</sub>

Σ<sup>°°</sup> representa la sumatoria desde i= 1 hasta N

**M<sub>i</sub> representa el número de valores del atributo A<sub>k</sub>**

**N expresa el numero de clases [1,2,3]**

**K representa el numero total de atributos [1,2,3,4,5]**

B) Shell Comercial KES Desarrollado por Software Architecture and Engineering, Inc.

Tiene tres subsistemas de razonamiento: a) Reglas de producción, b) Hipótesis y Test [HT] y, c) Razonamiento Estático. El de mayor interés para el prototipo propuesto es el primero, consistente en un modelo de razonamiento híbrido [razonamiento hacia delante + razonamiento hacia atrás] comprueba hipótesis y reglas.

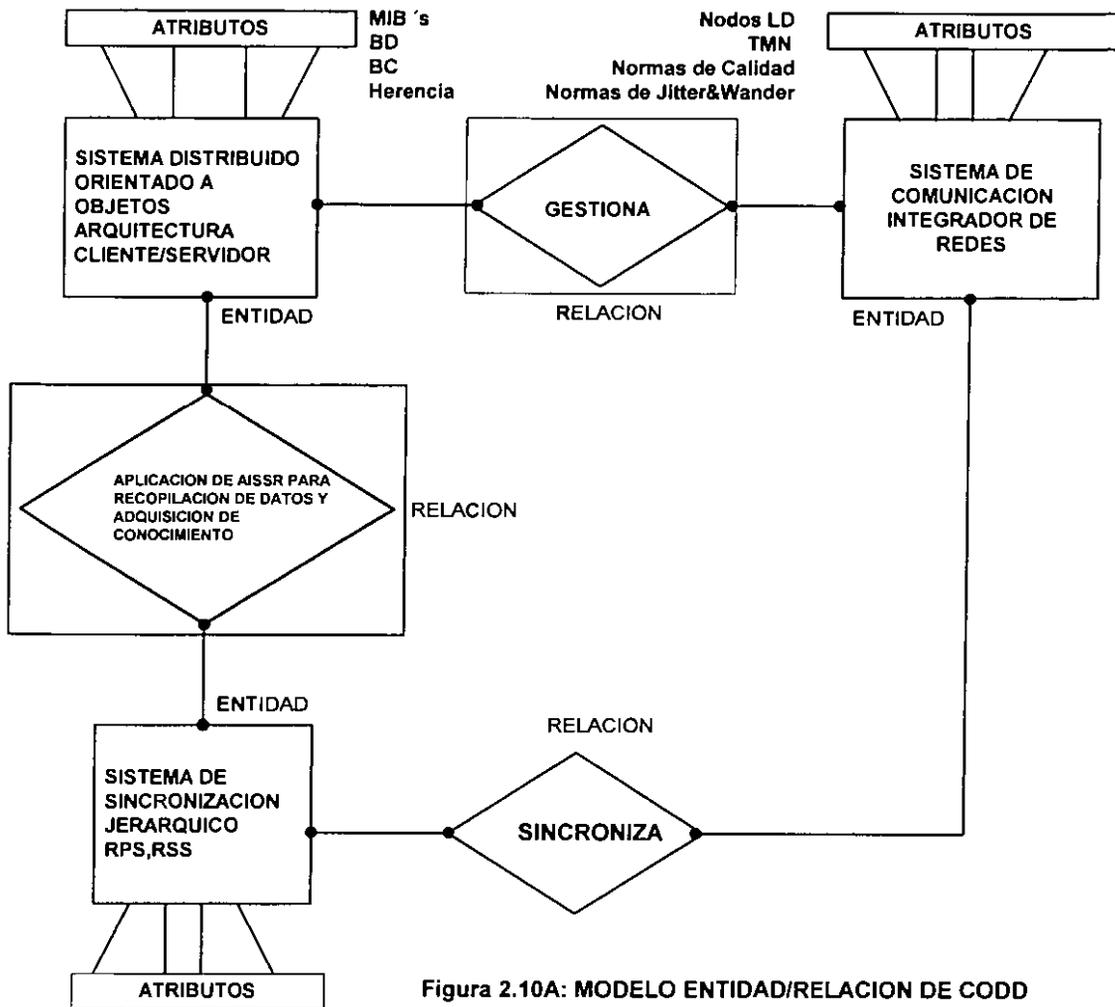


Figura 2.10A: MODELO ENTIDAD/RELACION DE CODD

Normas de Estabilidad  
Normas de Calidad  
Normas de Jitter&Wander

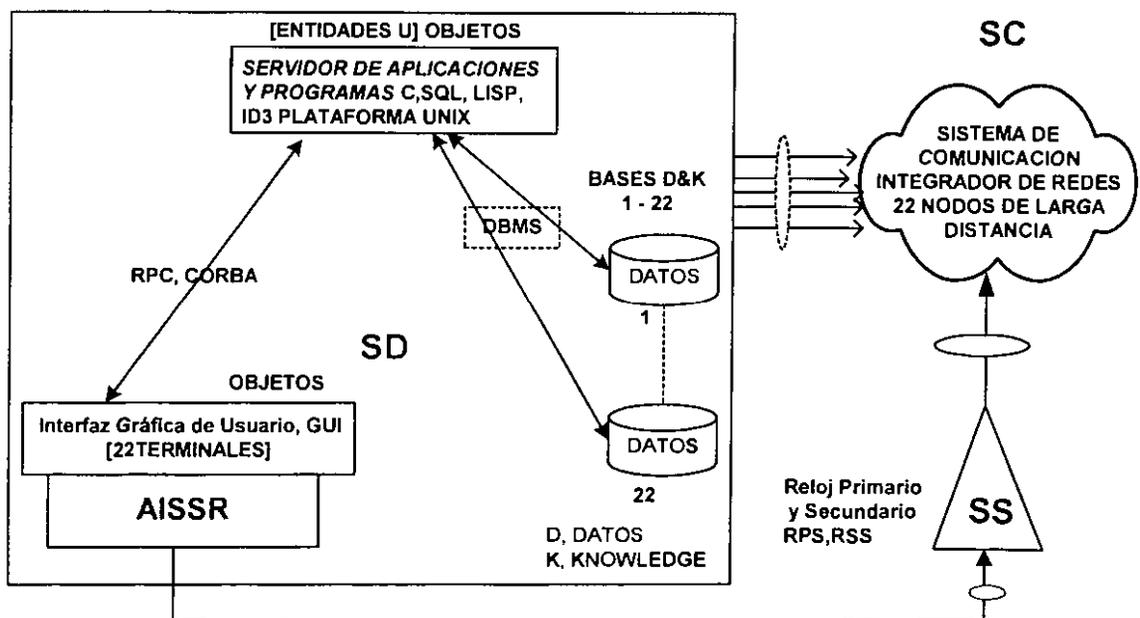


Figura 2.10 B: PROTOTIPO AISSR

## CAPITULO 3 LA SINCRONIZACION DE LA RED DE TRANSPORTE

Al hablar de la piedra llamada "Calendario Azteca", hemos comentado dos de estas serpientes o dragones de fuego que transportan al sol en su camino por el cielo.

Antonio Caso. El Pueblo del Sol

### 3.1 NORMAS Y ELEMENTOS DE UNA RED DE TRANSPORTE.

Una red digital de telecomunicaciones [RDT] es un sistema que conecta **elementos digitalizados y digitalizadores de red**. En efecto, una red digital integrada [RDI] incluye otras subredes: como la **red de conmutación** de centrales telefónicas y la **red de transmisión** digital de baja y alta capacidad, también, denominada de transporte. Estas mismas **subredes** soportan simultáneamente a dos diferentes "redes virtualizadas" como son las redes de conmutación por paquetes y red virtual permanentes [VPN]. Además, habría que considerar a las subredes inalámbricas [wireless, telefonía celular y satelital] que, también, soportan diversos servicios de transporte por radio digital y JDS [SDH]. Por lo anterior y dada la innumerable *diversidad* de equipos instalados y proveedores de tecnología avanzada **era más que necesario establecer normas internacionales** para la interconexión de redes heterogéneas.

En 1988, la International Consultative Committee for Telephone and Telegraph [CCITT] aprueba en Melbourne las recomendaciones [R] G.707, G.708, G.709 que contienen las especificaciones de las velocidades de la JDS [Jerarquía Digital Sincrona], el formato de la interfaz de nodo y la estructura del mapeo y multiplexación síncrona respectivamente. Asimismo, estructuro las [R] G.781 a G.783 acerca del comportamiento de los multiplexores sincronos usados en las trayectorias de transporte. De hecho la estandarización de SONET [y subsecuentemente SDH] creció, desde 1984, al margen de AT&T monopolio que formulaba e implantaba muchas de las normas de las telecomunicaciones. En ese mismo año la ANSI [American National Standards Institute] acreditó las investigaciones del foro de intercambio [ICCF] que proponía los estándares mencionados. En 1987 EU sugiere a CCITT su uso en redes RDSI con nodos NNI oponiéndose a los estándares desarrollados en Europa y Japón, finalmente ANSI, CEPT [Conferencia Europea de Correo y Telecomunicaciones] y ITU-T [Naciones Unidas]

conformes integran la existencia de una norma híbrida: SHD[ETSI] / SONET [Europa/EU, Japón].

Mucho antes, en 1938, A.H. Reeves *inventó la técnica PCM*, se adelantó a su época pues la aplicación de su teoría se aplicó posteriormente, ya con el invento paradigmático del siglo XX: **el transistor**. Descubierto en 1947 y con el advenimiento de los primeros circuitos integrados alrededor de 1961. Aparecidas las primeras tecnologías de escala [RTL, DTL] e integración [SSI, MSI] la ciencia y la investigación "dotaron a los modelos económicos" de la década de los 60's para que iniciaran una revolución tecnológica, social y económica que repercutiría tres décadas después con la aplicación desmesurada de las "nuevas tecnologías" TTL, I<sup>2</sup>L, MOS y VLSI [y Tecnología ASIC y FPGA, en 1996]. Entonces, comienza un vertiginoso desarrollo a escala mundial de la aplicación de la técnica PCM en sistemas ópticos, *es decir, de toda la electrónica fundamentada en la lógica secuencial y combinatoria* de las compuertas lógicas AND [NAND] y OR [NOR] con el objetivo de poder satisfacer:

- La creciente demanda de canales telefónicos de tránsito entre centrales automáticas analógicas [1960-1990] para, así incrementar la teledensidad nacional y favorecer los costos de oportunidad presentes.
- Orientar al mercado de las telecomunicaciones bajo un esquema de normas y recomendaciones elaboradas por organismos internacionales [ITU-T entre otros] y,
- En particular hacer emerger una **nueva normatividad** y aplicaciones en los sistemas de transmisión, transporte y gestión [y conmutación] vinculando jerárquicamente los arreglos desarrollados en un principio con las futuras "tecnologías emergentes". Es decir, vincular, por ejemplo, a los **multiplexores digitales primarios o de primer orden** - sistemas digitales de 2048 Kbits/seg,- con los sistemas de alto orden [de 2.5 Gbits/seg. a 10 Gbits/seg.

A partir de entonces, **se impusieron dos normas distintas**. Por un lado, la "jerarquía europea" [países de la CEPT], basada en una velocidad de transmisión primaria de 2048 Kbits/seg [32 canales], y por otro lado, la "norma norteamericana" [EEUU, Canadá y Japón] que utiliza una velocidad primaria de 1544 [24 canales] Kbits/seg. La "red óptica síncrona", SONET [Synchronous Optical NETWORK] tuvo que adaptarse a la

"jerarquía digital síncrona", SDH [JDS] para mantener un estándar mundial común, ver Tabla 3.1, Tabla 3.2 y la estructura de las tramas correspondientes en la Figura 3.1.

Los sistemas de transporte de alto orden utilizan a los multiplexores digitales como circuitos de lógica combinacional para seleccionar trayectorias digitales de información binaria en forma estroboscópica. Estos actúan como selector de datos, es decir, seleccionan entre fuentes tributarias múltiples un solo destino. Las salidas en cualquier momento dependen por completo de las entradas en función del tiempo; esto quiere decir que el control de recepción de las señales tributarias de cualquier orden esta gobernado por una lógica secuencial síncrona ó asíncrona, lo que ha dado nacimiento a dos sistemas normalizadas de transporte diferentes pero complementarios:

- Sistemas Digitales de Transporte Sincronos: Jerarquía Digital Síncrona SDH
- Sistema Digitales de Transporte Plesiocronos: Jerarquía Digital Plesiocrona PDH

**TABLA 3.1 COMPARACION DE JERARQUIAS SINCRONAS SONET Y SDH**

| SONET INTERFAZ ELECTRICAS | SONET INTERFAZ OPTICA | SDH     | VELOCIDAD Mbts/seg. | APLICACIONES   |
|---------------------------|-----------------------|---------|---------------------|--|
| STS -1                    | OC -1                 |         | 51.840              | Redes de distribución [RD]                               |
| STS -3                    | OC -3                 | STM -1  | <b>155.520</b>      | RD, interconexión, Accesos B-RDSI                        |
| STS -12                   | OC -12                | STM -4  | <b>622.080</b>      | Anillos de acceso protección, sincronización, Transporte |
| STS -24                   | OC -24                | STM -8  | 1 244.160           | Backbone, altos tráfico                                  |
| STS -48                   | OC -48                | STM -16 | <b>2 488.320</b>    | Anillos acceso y protección, B-RDSI                      |
| STS -96                   | OC -96                | STM -32 | 4 976.640           | Redes del orden de Gigabits                              |
| STS 192                   | OC-192                | STM-64  | 9 953.280           | Redes WDM  |

Nota: STS[señal de transporte síncrona], OC[carrier óptico], STM[módulo de transporte síncrono]

**TABLA 3.2 NIVELES DE JERARQUIAS PDH**

| NIVEL JERARQUICO                        | EE UU  | EUROPA Y MUNDIAL   | JAPON   |
|---|--|--|---|
| CANAL INDIVIDUAL                        | DS0<br>64 Kbits/seg                              | E0<br>64 Kbits/seg   | DS0<br>64 Kbits/seg                               |
| Primer Orden TRAYECTORIA DIGITAL BASICA | DS1<br>1544 Kbits/seg<br>24 canales<br>LEY $\mu$ | E1<br>2 048 Kbits/seg $\pm$ 50 ppm<br>32 canales [30 voz]<br>LEY A | DS1<br>1 544 Kbits/seg<br>24 canales<br>LEY $\mu$ |
| Segundo Orden ALTO ORDEN PDH            | DS2<br>6312 Kbits/seg<br>96 canales              | E2<br>8 448 Kbits/seg $\pm$ 30 ppm<br>120 canales                  | DS2<br>6 312 Kbits/seg<br>96 canales              |
| Tercer Orden ALTO ORDEN PDH             | DS3<br>44736 Kbits/seg<br>672 canales            | E3<br>34 368 Kbits/seg $\pm$ 20 ppm<br>480 canales                 | DS3<br>44 736 Kbits/seg<br>672 canales            |
| Cuarto Orden ALTO ORDEN PDH             | DS4<br>274176 Kbits/seg<br>4032 canales          | E4<br>139 264 $\pm$ 15 ppm<br>1920 canales                         | DS4<br>2 74176 Kbits/seg<br>4032 canales          |
| Quinto Orden ALTO ORDEN PDH             | NO DEFINIDO                                      | E5<br>565 148 Kbits/seg $\pm$ 15 ppm<br>7680 canales               | 397 200<br>5760 canales                           |

**En ambos sistemas PDH [Europeo y EU] la transmisión es plesiocrona. Es decir, las variaciones de fase de las señales tributarias hacen necesario el relleno de bits durante el proceso de multiplexación.**

Dos tendencias predominan en la evolución de las redes de transporte digitales modernas: A] La intención de establecer una metodología de "gestión jerarquizada" asociada a los aspectos de: **sincronización**, al tráfico cursado y al control distribuido de ambos, B] Organizar las diversas topologías de redes en base a reglas de gestión de redes TMN que tiene sustento en el uso y desarrollo de tecnología SDH/SONET. Favoreciendo aplicaciones emergentes de banda ancha ATM y voz sobre IP [TCP/IP] y medios de transmisión sofisticados de fibra óptica.

De hecho, las primeras redes digitales se diseñaron de modo que operaran como sistemas asincronos. Los sistemas PDH son un caso de sistemas asincronos que poco a poco han abandonado esta característica por transportarse y gestionar sus tributarias PDH a través de sistemas sincronos SDH. Tal como se muestra en la Figura 3.4.

La inserción y extracción de canales individuales de voz y datos de 64 Kbps se da a través de técnicas de multiplexaje digital de extracción e inserción. Las virtudes de la norma europea radican en que los multiplexajes plesiocronos de orden superior son múltiplos proporcionales del nivel primario 2048 Kbits/seg. y que el entrelazado de información es a nivel de bits [entrelazado secuencial de bytes para PDH]. Esto fortalece la estructura del alineamiento, de multiplexaje y mapeo de tramas de la carga útil y encabezados RSOH, MSOH y de trayectorias en la arquitectura sincrona SDH.

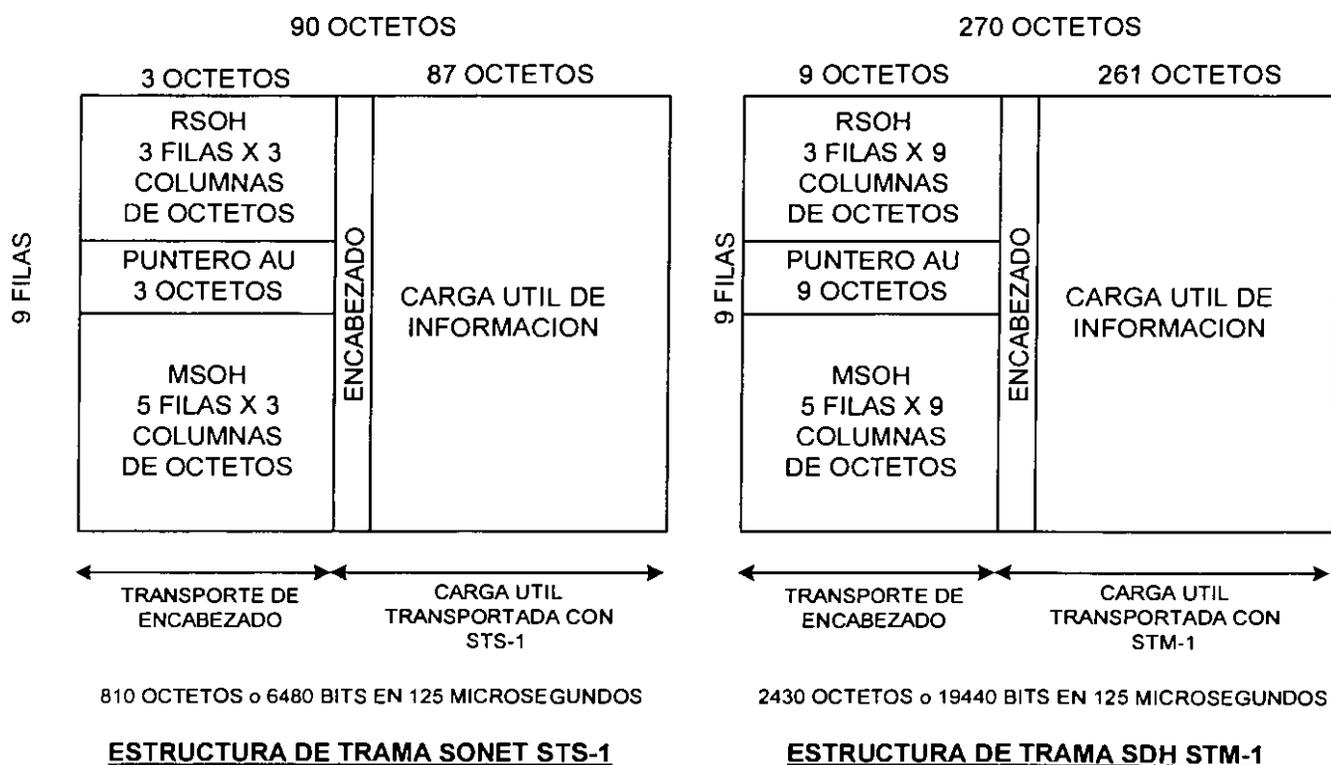


FIGURA 3.1: ESTRUCTURA COMPARATIVA DE NORMAS DE TRANSPORTE

### 3.2 MULTIPLEXORES DIGITALES [MD]

La norma SDH/SONET se diferencia de PDH en y por el proceso de multiplexaje.

La multiplexación digitales instrumentó en las telecomunicaciones por dos razones: 1]decrementa los costos de transmisión de los enlaces que dependen de la distancia y, 2]hacer posible el transporte múltiple de canales de servicios [voz, datos ó vídeo] entre interfaces de nodo de red [NNI], nodos terminales en interfaces UNI o sistemas de traspaso.

Las técnicas de multiplexaje históricas [sin considerar CDM y WDM], son: a] multiplexación primigenia por división en frecuencia FDM, b] la multiplexación sincrona por división en tiempo TDM y, c] la multiplexación estadística asincrona TDM ó por demanda

| FDM  | TDM   |
|--|---|
| <i>Cuando el ancho de banda útil del medio es mayor que el AB de la señal.</i> | A]MUX DIGITAL SINCRONO                              |
|  | B]MUX DIGITAL ASINCRONO O ESTADISTICO o INTELIGENTE |

El objetivo primordial de un SC es cumplir con eficiencia su objetivo natural. La eficiencia para transmitir ó transportar canales de voz, vídeo o datos [VVD] esta correlacionada con los costos totales de operación y mantenimiento [incluye la tecnología de los equipos]. La multiplexión FDM es muy útil en la transmisión de mensajes de TV [VVD] y aplicaciones de radiofrecuencia. Empero, el multiplexaje TDM sincrónico y asíncrono son más consistentes con los desarrollos de la electrónica digital aplicada en los equipos ó interfaces terminales. En todo caso es esencial la aplicación de osciladores en la transmisión como en la recepción, para temporizar o "ritmizar" la detección de señales o datos multiplexados.

En las redes de telecomunicaciones con sistemas de protección se interconectan diversas subredes de transmisión ó conmutación controladas por un SS redundante [dos referencias primarias] con señales de reloj maestro de alta precisión; "la idea" es facilitar la sincronización de todos los equipos involucrados en la red nacional de larga distancia. En consecuencia, atender la existencia de redes asincrónicas como sincrónicas.. Cabe mencionar que subsisten aún sistemas PDH en México [TELMEX] que están sujetándose al "nuevo modelo jerárquico de transporte" SDH. Los multiplexores digitales PDH tienden a la

obsolescencia debido, básicamente, a que se ha desarrollado electrónica integrada de alta velocidad de acceso a memorias de control [buffer] y, matrices lógicas programables de alta capacidad de interconexión que evita los retardos múltiples espacio-temporales.

En una red asíncrona PDH se manejan señales tributarias o afluentes; que son multiplexadas según las normas observadas en las Tablas 3.1 y 3.2. El factor asincrono de los señales proviene de desajustes y ajustes en la lectura y escritura en los buffers controlados por relojes independientes que poseen una misma cadencia nominal de velocidad y de iguales especificaciones en cuanto a tolerancias. En SDH las reglas de temporización son muy estrictas usan una sola referencia de reloj redundante.

Al multiplexar digitalmente los grupos de señales plesiocronas son convertidos en un solo tren digital sincrónico STM-1 de mayor orden, provocando, inclusive, la necesidad de un proceso adicional que "justifique" la sincronía de los mensajes o señales y los ajustes de frecuencia y fase de tributarios; estas variaciones son detectadas y corregidas por el procesamiento de los punteros en los nodos de la red SDH. El proceso de justificación o relleno de bit también es conocido como "bit stuffing" y sirve para que el MD sincronice las tributarias y evite problemas adicionales cuando se de el proceso de "entrelazado de bit ó concatenación" en los STM-n..

Aunque en la sección 3.5 de este capítulo se enunciará con más detalle las funciones de los apuntadores cabe señalar la existencia de tres métodos de justificación de operación similar en PDH como en SDH. Por ejemplo: en el proceso de **justificación positiva**, cada una de las señales de entrada a los contenedores virtuales, para el caso SDH ó en PDH llegan a los buffers ó **memorias elásticas** que opera a la misma velocidad de escritura de la tributaria y los datos son leídos a una velocidad superior de lectura [ $V_n./n$ ] en donde  $V_n$ , es la velocidad nominal del equipo múltiplex y  $n$  es el número de tributaria que se maneja.

Por esto la velocidad de lectura es mayor que la de escritura, y además, se obtiene un margen adicional de ajuste de diferencias entre la tributaria y el que nos permite agregar la palabra de alineamiento de trama o de sincronía, bits de control de justificación y bits de servicio. La multiplexación de señales plesiocronas es mucho más compleja que la multiplexación de señales sincrónicas, en esta la justificación se efectúa con los octetos H1, H2 y H3 del puntero de la unidad administrativa AU-4 Ver Figura 3.4.

**Los multiplexores digitales sincronicos entranan señales afluentes sincronicos y/o plesiocronicos [asincronicos, como celdas ATM] en contenedores virtuales de tamaño uniforme, evitan las etapas intermedias como en PDH. Las velocidades STM 1, STM 4 y STM 16, STM-64 se alcanzan en un solo paso estableciendo una estructura múltiplex ya normalizada.**

### **3.3. TECNOLOGIA SONET Y SDH**

SONET Y SDH es una *tecnología de transporte sustentada tecnologías ópticas* que utilizan operaciones síncronas entre los elementos de la red. Es un estándar de red homogénea que hace posible transportar **todo** tipo de tráfico. De hecho al utilizar tecnología de fibra óptica con emisores y detectores láser se favorece la súbita necesidad de explotación del ancho de banda y ayuda a incrementar la disponibilidad de la red y un mejor desempeño en comparación con los sistemas de microondas y cables.

Con SONET y SDH el manejo de tráfico se torna más eficiente ya que lo combina, lo agrega y lo segrega, elimina el retorno por acarreo de la carga útil, el cual tiene un costo muy elevado ya que no puede prescindir de multiplexores punto a punto [back to back]. También, elimina la sobrecarga de la multiplexación punto a punto empleando técnicas de multiplexores de inserción y extracción [ADM]

La operación paradigmática de SONET y SDH es la relativa al *aspecto síncrono* pues esto significa tener redes de telecomunicaciones absolutamente estables. Las redes síncronas mejoran a las viejas redes asíncronas en lo que refiere a la cantidad de errores y a la calidad del servicio.

El proceso de multiplexación utilizado en SONET y SDH es sumamente eficiente, ya que, dispone del atributo de la digitalidad y la sincronía. En México el 95 % de la carga instalada utiliza TDM pero, las tendencias en la tecnología óptica trasciende ya hacia los nuevos multiplexajes WDM y DWDM compatibles para capacidades de transporte de 10 Gbps hasta 40 Gbps. Esta tecnología será la que "globalizará" una probable red universal.

SONET Y SDH soportan los sistemas actuales PDH asíncronos, los módulos de transporte asincronicos STM -n, [donde n = 1 a 16], y todos niveles de aplicación del modo de transferencia asincrono ATM. Además, es el sustento primordial en uso de Mbone [Multicast Backbone, red multidifusión virtual en tiempo real para videoconferencia p.ej.] y

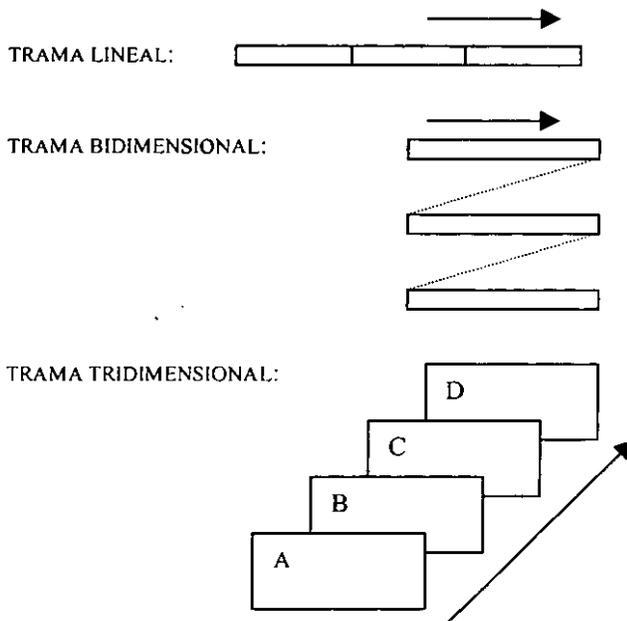
Backbone's de alta capacidad para las dos versiones de la red de redes IPv4 e IPv6 de INTERNET. Es, ATM la tecnología propicia para transmitir información de texto y vídeo.

La topología SONET y SDH esta basada en los estándares desarrollados por el Instituto Nacional Americano de Estándares ANSI y la Asociación de Estándares de Portadoras de Intercambio ECSA. Asimismo, es Bellcore quién ha desempeñado un papel central en el desarrollo de estos estándares. Aunque SONET se diseño para dar cabida a la señal DS-3 [44.736 Megabits/seg.] la ITU-T utilizó SONET para el desarrollo y publicación de la Jerarquía Digital Sincrona [SDH]

La ITU-T, especifica en la G.709 la **estructura de multiplexación síncrona** y parte de la siguiente apreciación para representar gráficamente las estructuras de las tramas:

| ESTRUCTURA     | ALINEACION DE TRAMA | TECNOLOGIA                                      | SINCRONIZACION POR:                            | PROTOCOLO ORIENTADO A: |
|----------------|---------------------|---|--|------------------------|
| LINEAL         | 8 BITS              | PCM 1er. ORDEN                                  | SLOT CERO, 8 BITS                              | BITS                   |
| BIDIMENSIONAL  | 10 BITS             | ALTO ORDEN ASINCRONO CON SUBTRAMAS. →PDH        | 4 BITS DE JUSTIFICACION POR SUBTRAMA           | BITS                   |
| TRIDIMENSIONAL | 6 OCTETOS A1, A2    | ALTO ORDEN SINCRONO CON CONTENEDOR VIRTUAL →SDH | 9 OCTETOS DE JUSTIFICACION POR CONTENEDOR VC-4 | OCTETOS O BYTES        |

Nota: la flecha indica la aplicación de la variable temporal. A,B,C y D representarían el entramado y multiplexación de la Figura 3.4.



### 3.4. MAPEO, MULTIPLEXACION Y ESTRUCTURA DE TRAMA EN SDH.

Al elegir como tema de tesis tres aspectos relevantes como **la sincronización, el transporte sincrónico y la virtualidad de una red inteligente** se consideró una metodología que cubriera las tres perspectivas. La correlación de tres tecnologías que tienden vertiginosamente a construir la red mundial de telecomunicaciones, es decir, mostrar a través del conocimiento heredado mas la experiencia laboral, el anuncio de un prospecto de red - una prospectiva AISSR- **sustentada en la red de sincronización.** La infraestructura del SS se determina y funciona con otras redes: A] la red de señalización # 7, B] la red RDSI y, C] la red inteligente RI. La propuesta de construcción del modelo de sincronización propuesto AISSR define una estructura virtual con mayor inteligencia jerárquica en tiempo real de SC interactuantes, que objetivamente, tienen que conservar los aspectos temporales como los mas significativos en entornos físicos y virtuales que sugieren satisfacer ciertas necesidades con tecnologías evolutivas apoyadas en sistemas microelectrónicos ASIC y FPGA.

El intento de contribución se sintetiza en que el mismo fenómeno de la sincronía es vital para las aplicaciones y servicios futuros avanzados de RI y en la funcionalidad de las redes virtuales de ATM como en las redes IP.

Por ello, el interés es no perder la objetividad. **No se intenta detallar los múltiples aspectos de la red de transporte sincrónico SDH,** pero si extraer la correlación que subsiste *entre las variables tiempo, frecuencia y fase.* Así, como se dan los modos de transporte sincrónico y asincrónico de información contenida en la carga útil de los contenedores virtuales VC-n y también, la correlación ó mapeo de tramas en un modelo estructural multiplexado. Ver Figura 3.4. [según las interfaces ópticos y eléctricos]. Para el tema no se puede prescindir de la **importancia de los punteros ó apuntadores en la alineación y sincronización de sistemas de acceso PDH como asíncronos ATM.**

De hecho, las Figuras 3.3, 3.4 y 3.5. Relativas a la estructura de multiplexación sincrónica están íntimamente relacionadas con la figura que relaciona las jerarquías PDH y SDH usadas en EE UU, Japón, Europa y en todo el mundo. Consecuentemente, **"el mapeo y multiplexación" en una red sincrónica correlaciona estructuras PDH insertadas en los diferentes contenedores virtuales de la red sincrónica.** Las tramas se ensamblan y

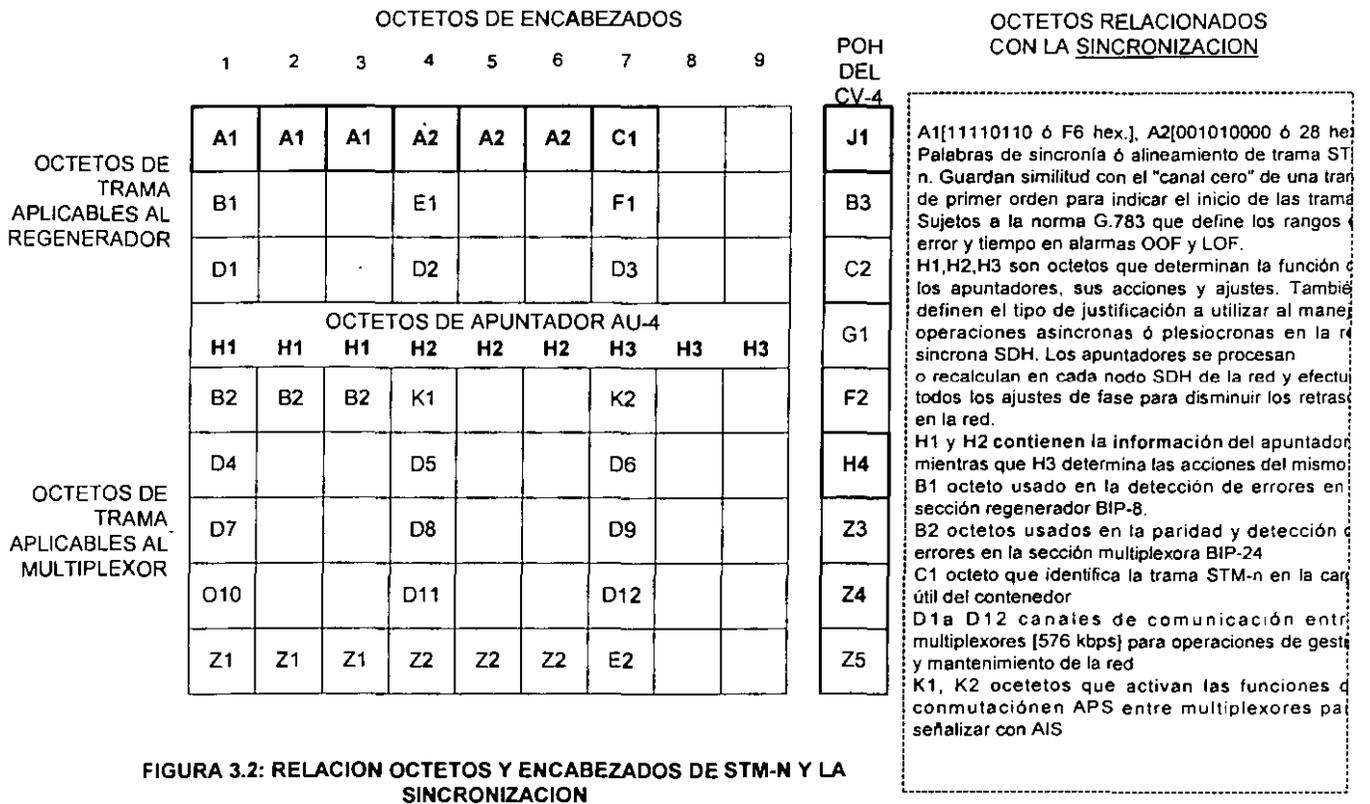
desensamblan al interior de la trama de transporte. Los contenedores C-11, C-12, C-2, C-3 y C-4 admiten la carga que será transportada en los VC-4 entre nodos NNI. Estos procesos de almacenar, procesar y transportar información sincronizada entre nodos de red sufren "pequeños trastornos" de fase y de frecuencia, generados por el tipo de fibra óptica [monomodo y multimodo] empleada en el medio físico, y además, por los regeneradores y multiplexores sincrónicos [de inserción y extracción, ADM] en las **trayectorias digitales** propias de la jerarquía digital síncrona. Las secciones de regenerador RSOH y multiplexor MSOH definidas en las primeras columnas de la trama STM-1 son los encabezados de sección que no se transfieren al VC-4, cumplen el papel de administradores de la carga, supervisión de errores, identifican el inicio de los CV-4 dentro del STM-1 y, algo muy importante: vigilan el alineamiento de las tramas y ajustan, -a través de los apuntadores- la sincronización entre nodos NNI.

Los sistemas SDH enlazan **sistemas abiertos** usando protocolos de capas que transmiten y reciben unidades PDU [ó celdas fijas de 53 octetos de ATM]

También, en SDH el proceso de conversión analógico a digital de señales continuas en el tiempo produce señales discretas en amplitud y tiempo. Es decir, el oído, y los demás sentidos humanos, captan señales de una realidad continua que es preciso muestrear instantáneamente - en tiempo y amplitud- para impedir, con ello, que el mismo sentido perciba la naturaleza discreta de la señal modificada; la naturaleza concibió sensores analógicos. El teorema de Nyquist explota las restricciones físicas y funcionales del oído. Así puede sostenerse que la frecuencia de muestreo de 8000 muestras por cada segundo, es lo suficientemente pequeña para reproducir con exactitud un canal de voz y audio de 4 khz. Por lo tanto, en SDH, también, la frecuencia de muestreo es de 8 khz - produce un tren de pulsos de muestras- con un periodo de 125 microsegundos [μs]. El periodo de 125 μs se mantiene operando en los sistemas FDDI, ATM, SDH y SONET. Tecnologías que explotan el enorme ancho de banda en fibras ópticas disponible en manera súbita.

[NOTA: Tipos de muestreo: a) muestreo periódico, b) muestreo de orden múltiple, c) muestreo de ritmo múltiple, d) muestreo al azar.]

| TECCNOLOGIA | TRAMA                                  | DURACION DE PULSO<br>$\mu s$ | FRECUENCIA DE MUESTREO $\mu s$ | VELOCIDAD BINARIA Mbps                     |
|-------------|--|------------------------------|--------------------------------|--|
| PCM         | 24 Slot o canales<br>32 Slot o canales | 5.2<br>3.9                   | 125<br>125                     |  |
| SONET       | 90 Octetos                             | 1.39                         | 125                            | 90X9X8X125 $\mu s$<br>STS-1 = 51480        |
| SDH         | 270 Octetos [9 para OH]                | 0.46                         | 125                            | 270x9x8x125 $\mu s$<br>STM-1 = 155.52 Mbps |
| ATM         | 48 Octetos [ 5 para OH]                | -                            | 125                            | 155.52 Mbps<br>622 Mbps hasta 2.5 Gbps     |



**FIGURA 3.2: RELACION OCTETOS Y ENCABEZADOS DE STM-N Y LA SINCRONIZACION**

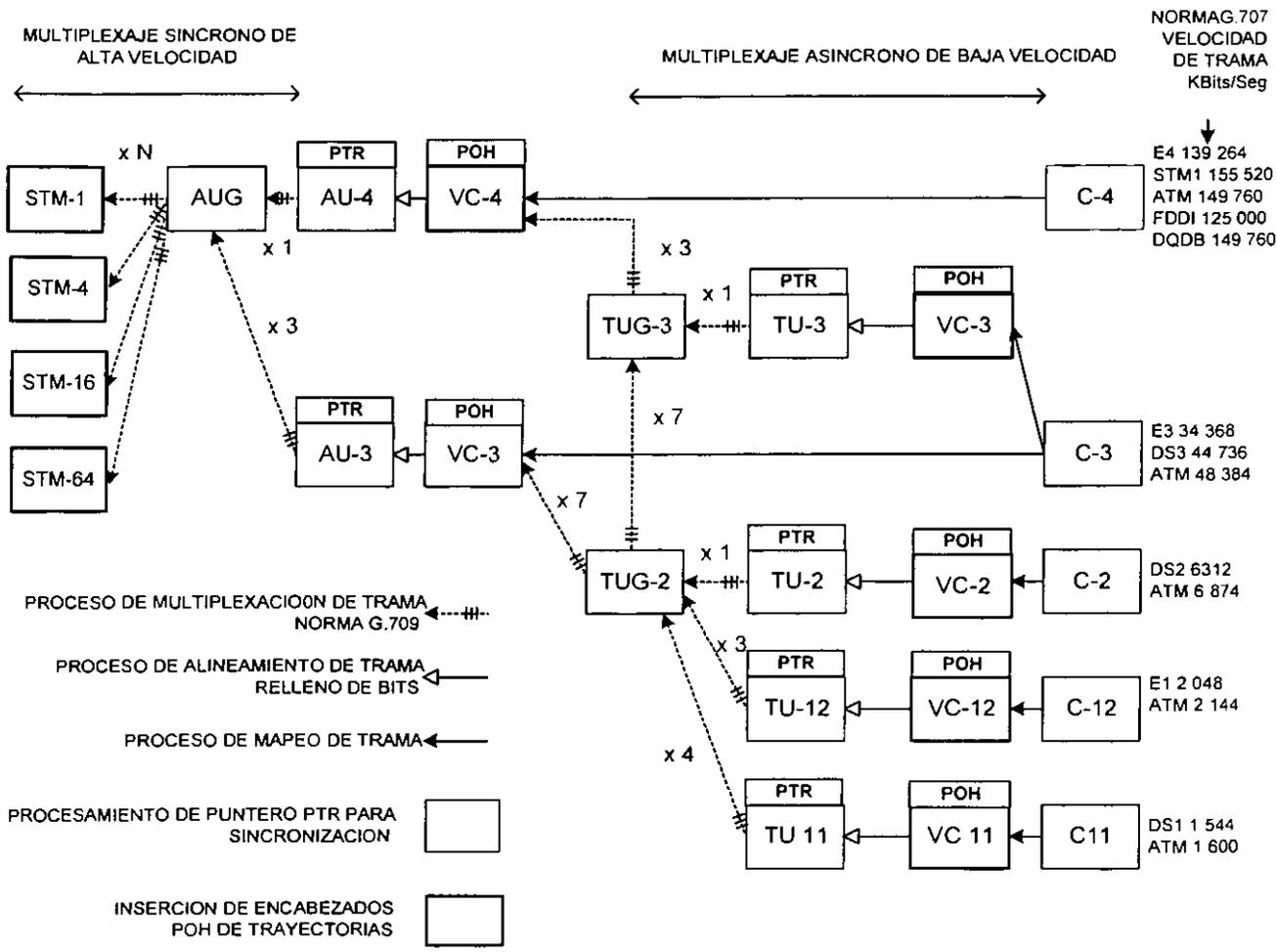


FIGURA 3.4: ESTRUCTURA DE MULTIPLEXAJE SINCRONO Y ASINCRONO

La magnitud de la señal síncrona básica en SDH es el módulo de transporte síncrono STM-1,  $[2430 \text{ bits} \div 125\mu\text{s} = 155.20 \text{ Mbits/seg}]$ . Los STM 's de mayor nivel - STM-4 Y STM-16 y STM-64 son resultado del multiplexaje síncrono por entrelazado o concatenación de octetos. como se nota en la Figura 3.4-. Las interfaces eléctricas u ópticas intrared e interred están definidas por las especificaciones G.703 y G.652. La capa física del modelo OSI otorga servicios de conexión optoelectrónica en la capa de enlace y protocolos de red y transporte para anchos de banda multiservicios en sistemas dorsales ópticos como MbackBone y Backbone.

El STM-1 esta constituido por tres partes, [Ver Figura 3.1 y 3.2] en realidad son cuatro: los encabezados de sección RSOH, MSOH, el de trayectos POH, punteros administradores AU, además del contenedor de carga útil.

### **3.5 . LA TECNICA DE PUNTERO Y LAS VARIACIONES SINCRONAS.**

La trama múltiplex primaria es la única trama realmente sincrona en el campo de transmisión digital. No posee relleno de bits de sincronización ó justificación ni punteros para sincronizar los extremos de emisor-receptor.

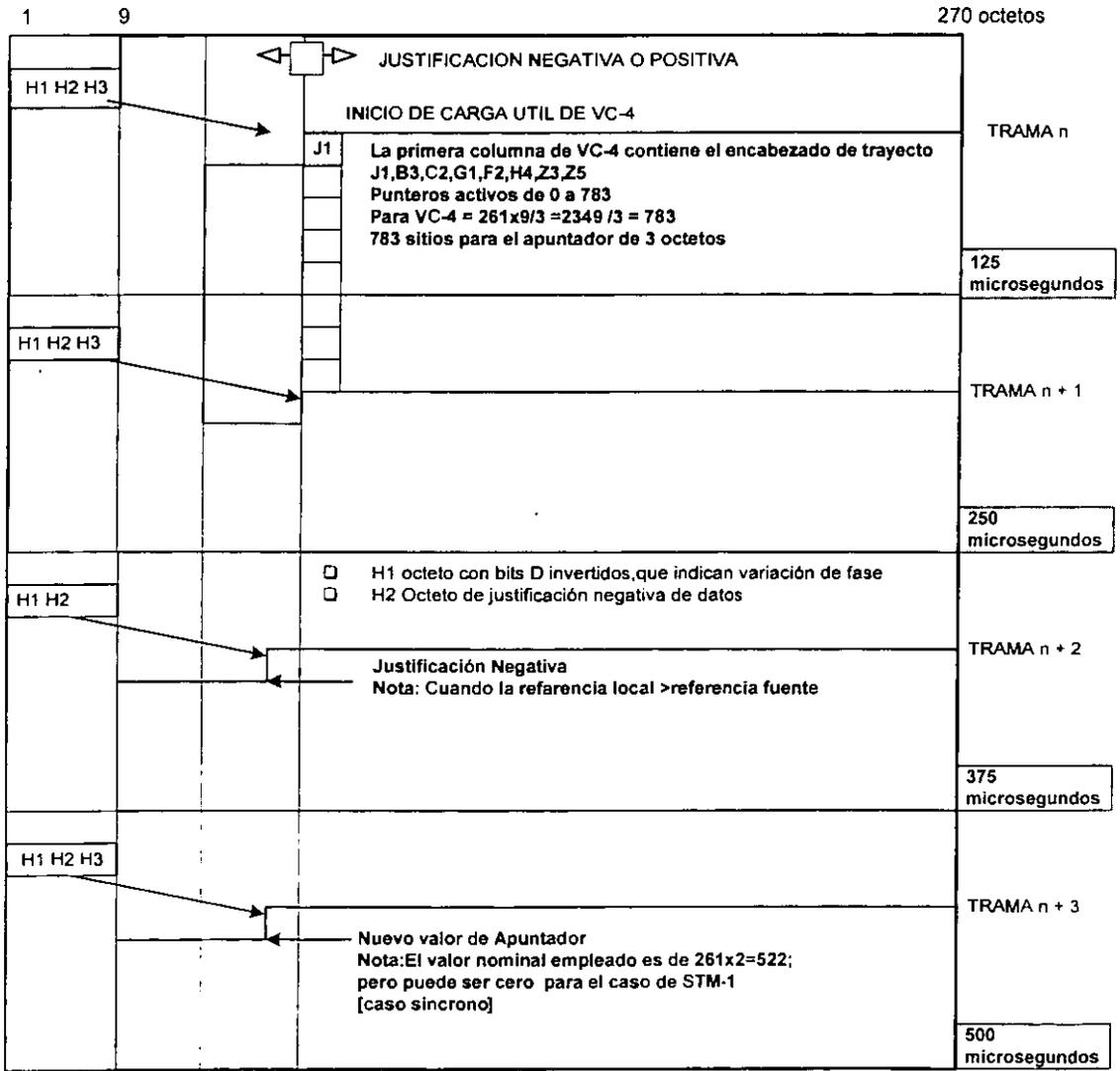
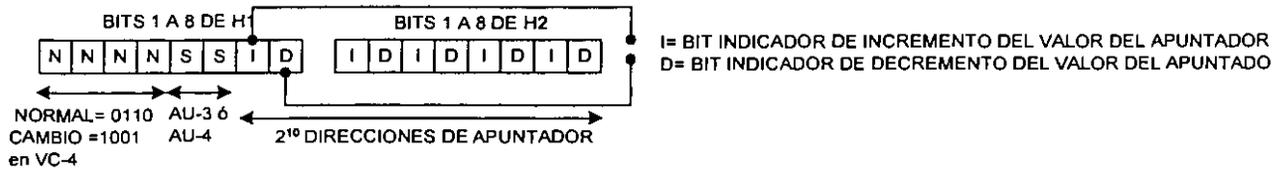
De otra manera, la estructura de multiplexación en sistemas PDH se efectúa entrelazando digitalmente cuatro señales eléctricas entrantes ó tributarias no sincronizadas que se desmultiplexan en la parte receptora del sistema optoelectrónico. Para conseguir la sincronización de la información contenida en los afluentes se incrusta en el sistema receptor unidades de memoria RAM dinámica de lectura y escritura que registran en celdas de almacenamiento las palabras ú octetos transferidos desde el emisor. La estructura del entramado y la sincronización son realizadas por una unidad de control y por referencias de reloj independientes. La trama múltiplex de orden-n PDH es una trama casi sincrona, es decir plesiocrona ya que para conseguir la sincronización entre las tributarias se implementa un sistema de almacenamiento del ritmo de lectura-escritura y un control de bits de justificación que sirve para compensar y corregir los deslizamientos de información que inevitablemente afectan a la calidad de los sistemas de transmisión jerárquicos PDH.

Por otro lado, la estructura de multiplexación de los sistemas jerárquicos SDH evita en toda la red de transporte las variaciones de las frecuencias de reloj por medio del procesamiento de los apuntadores y permite, así y además, satisfacer la demanda de comunicaciones con aplicaciones de banda ancha y el uso de estándares de redes gestionadas de telecomunicaciones TMN. Ver Figuras 3.5.A y 3.5B. Las administraciones de telecomunicaciones implementan una red de gestión y control de trayectorias de cargas útiles de bajo y alto orden acomodando los paquetes ó celdas ATM de voz, vídeo y datos en los contenedores virtuales VC-12, VC-2 y VC-3 y VC-4; en estos depósitos virtuales son acomodados las tramas PDH de 140 Mbits/seg ó SDH de 155.2 Mbits/seg [STM-1] las cuales, son controladas en red por apuntadores ó punteros. El puntero solo puede modificarse tras previo aviso cada cuatro tramas y afecta exactamente a los tres octetos H1, H2, H3 [y H4] Los multiplexores de SDH están controlados por un sistema referencial de relojes de cesio de muy alta precisión. En ocasiones es necesaria una alineación de puntero cuando se presentan fluctuaciones acumulativas de fase en la red y en el tráfico en tiempo real. Las acciones ó procesamiento de apuntador es efectuada en cada nodo incrementando ó decrementando su valor, esto mismo, facilita la adaptación de las fluctuaciones en función del intervalo de tiempo MTIE acumulativas de fase Jitter y Wander. Ver figura 3.6

Son indudables los atributos de SDH pero en esta sección mas interesa mostrar los esquemas técnicos y funcionales de los apuntadores [Ver figura 3.2 y 3.4].

La carga útil de tramas STM esta contenida en los contenedores virtuales CV-4. Los octetos A1 y A2 indican el inicio de la trama STM-1 y por lo tanto la ubicación del apuntador que llega a adquirir un valor definido por los octetos H1, H2 y H3 y solo puede modificarse cada cuatro tramas tras previo aviso a la unidad de control. Los octetos de la trama SDH se transmiten en forma secuencial y en serie comenzando por la esquina superior izquierda [es decir, por A1 y A2 de alineamiento] hasta terminar con la primera fila y hasta el último octeto de la última fila. Los paquetes de carga útil se envían en forma contigua y sin interrupción entre nodos SDH - pasando por los respectivos regeneradores ópticos de la red- bajo estrictas reglas de temporización. Los apuntadores indican el inicio exacto de ubicación del paquete dentro la carga útil del contenedor virtual VC-4. Tal estrategia virtual permite a la red SDH operar en forma sincrona y al mismo tiempo aceptar y transportar tráfico asíncrono.

- El desplazamiento del apuntador suele modificarse cada cuatro tramas en caso de defasamientos de señales de reloj fuente o por variaciones de tiempo de propagación en el medio de transmisión [fibra óptica] o por trayectos no sincronizados de reloj. Si la fuente de reloj externa es más rápida que el reloj local se proporciona una capacidad de transmisión complementario y viceversa



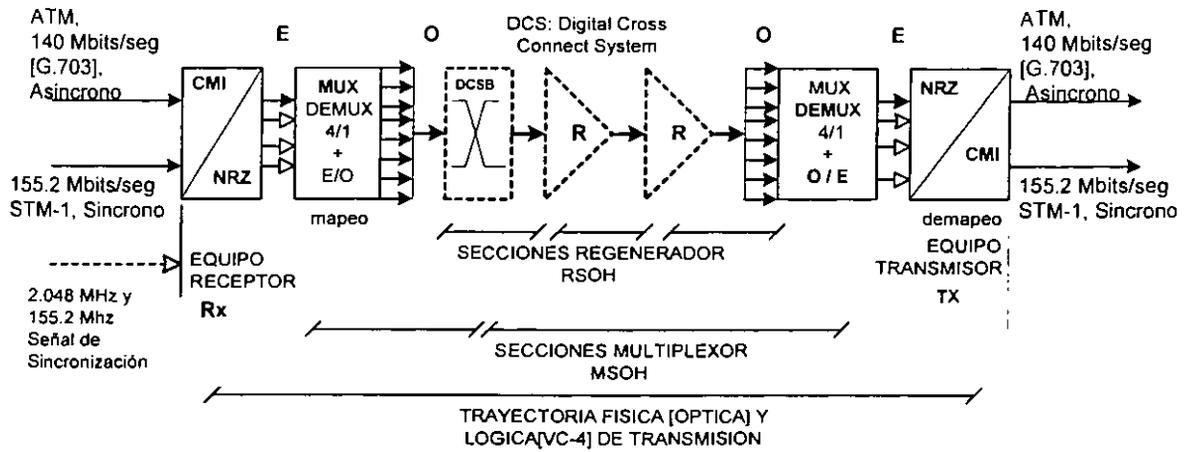


FIGURA 3.5A: MULTIPLEXOR SDH Y SECCIONES DE ENCABEZADO POH, MSOH Y RSOH

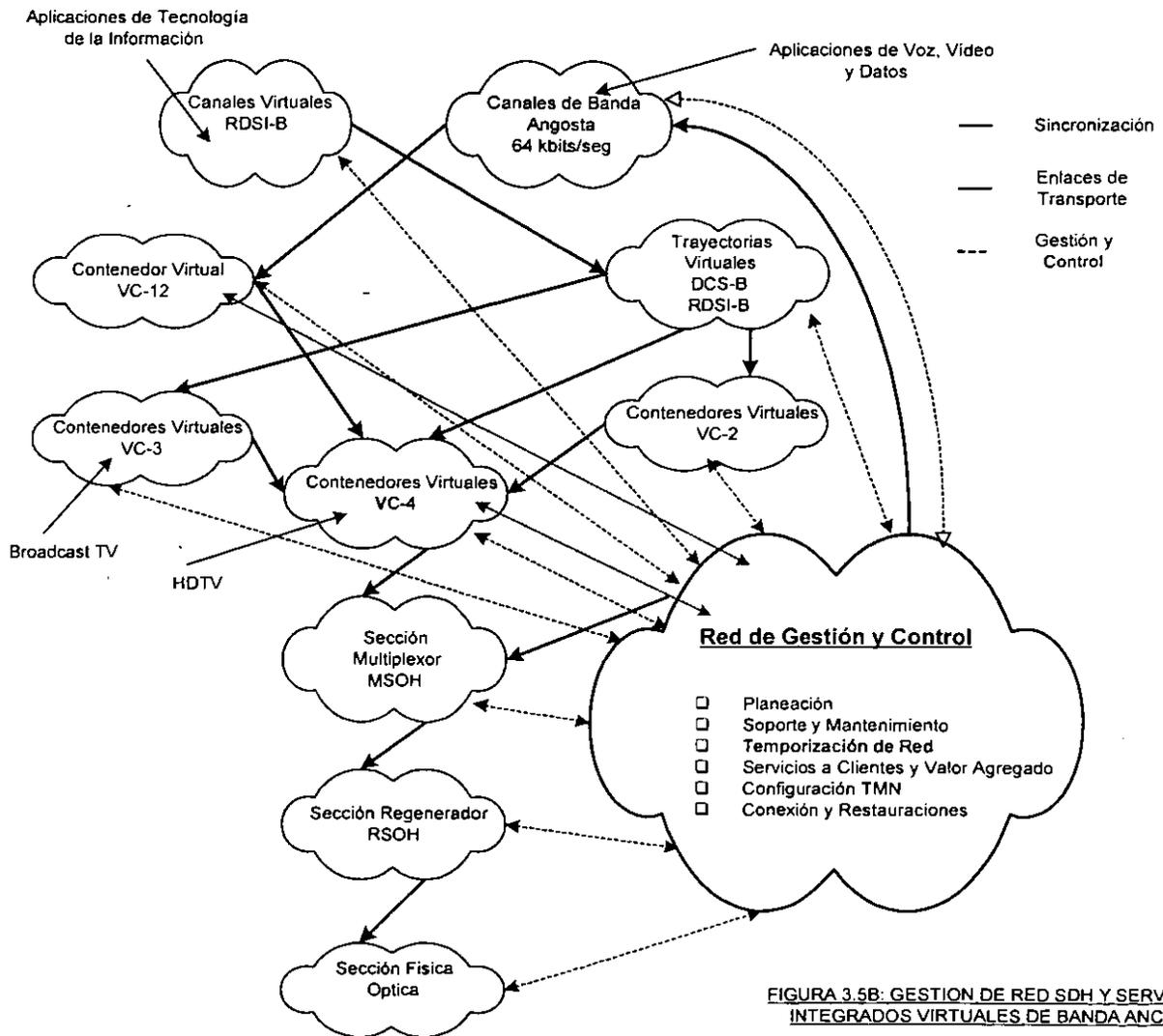


FIGURA 3.5B: GESTION DE RED SDH Y SERVICIOS INTEGRADOS VIRTUALES DE BANDA ANCHA

### 3.6 . EL FENOMENO DE ADAPTACION DE FASE Y SUS FLUCTUACIONES: JITTER Y WANDER

La estabilidad de frecuencia de una referencia de reloj  $[\Delta f / f_0]$ /día a corto y largo plazo tiene que ver con el origen de dos tipos de fluctuaciones de fase:

- Fluctuaciones de fase a corto plazo ó **Jitter**. Oscilaciones de fase de frecuencia mayores o iguales a 20 Hz.
- Fluctuaciones de fase a largo plazo **Wander**. Oscilaciones de fase de frecuencia menores a 20 Hz.

El Jitter esta definido en la norma G.702 como pequeñas variaciones de la posición ideal en el tiempo de una señal digital. Estos fenómenos afectan de una u otra forma la velocidad de la información y la recuperación de la **señal de sincronía**. Para corregir las desviaciones que provoca se instrumentan métodos de adaptación de velocidades: a] justificación asincrónica por buffer con apuntador y, b] la sincronización con referencias de reloj jerárquicas de altísima estabilidad. La amplitud y la frecuencia de los pulsos nos indican la magnitud de su influencia . Figura 3.6.

1. Jitter Propio No-Sistemático → ruido de fase en circuitos lógicos; no acumulativo
2. Jitter Sistemático → interferencia intersimbolica; acumulativo
3. Jitter debido a la justificación → inserción no lineal de bits; afecta multiplexaje

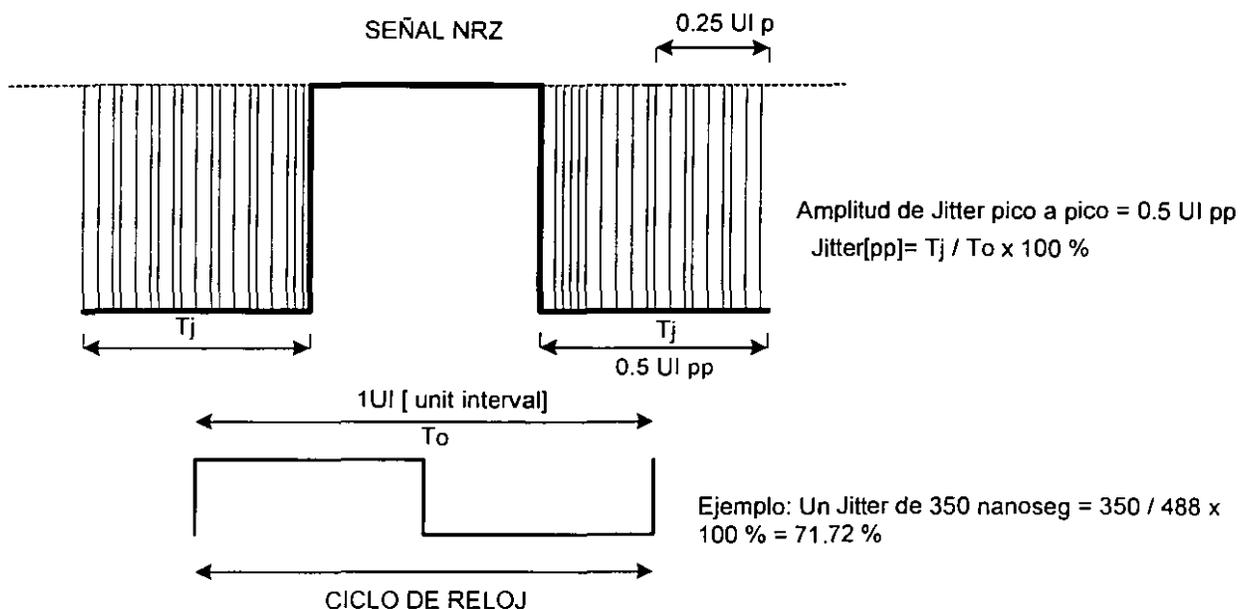


FIGURA 3.6: Ruido posicional de bit en el tiempo. Fenómeno de Jitter

En las trayectorias virtuales de transporte de la Figura 3.5A, todas las señales digitales VVD están gobernadas [control de fase y frecuencia] por un sistema de enlaces de sincronización [SS]. Para tal apreciación, inclusive debe considerarse los aspectos de la sección anterior, sobretodo, lo concerniente a las Figuras 2.3, en las que la sincronización de errores ó fluctuaciones de fase como desviaciones de posición del pulso son corregidas por un sistema VCO [PLL] en la etapa de recepción. La adaptación de la fase de este tipo de fluctuaciones se efectúa, precisamente, procesando en los nodos de reloj SDH la información que dictan los apuntadores a través de los octetos H1, H2, H3 y H4. Así, también, los regeneradores de línea [etapa RSOH] no requieren información de alineamiento de trama ya que operan a nivel de bit y la recuperación de la señal de reloj se realiza conjuntamente por un circuito de detección de umbral y por circuito de extracción de señales que marca el ritmo del flujo de las tributarias de bajo y alto orden. Los octetos H1 y H2 indican la posición de la carga útil [información VVD], así como el tipo de carga transportada como los movimientos de apuntador en caso de que la velocidad de la carga no este sincronizada con el reloj del nodo SDH. La función principal de los apuntadores en los nodos es indicar el inicio de la carga útil y actuar en función del desplazamiento de la frecuencia  $\Delta f / f_0$ .

Ahora bien, en una red síncrona los requisitos de estabilidad de reloj son muy exigentes y solo permiten adaptaciones de  $\pm 15$  a  $\pm 50$  ppm en las frecuencias de reloj por nodo. La calidad de funcionamiento en una comunicación extremo a extremo se debe ajustar a las **normas G.821, G.822**, etc. Además, esta sujeta al tipo de tráfico y trayectoria de red, es decir a **deslizamientos** ó repetición ó supresión de un bloque de bits. Asimismo están restringidos a 8% en la red internacional, 12 % a la red nacional y 80 % a la red local. En un Sistema de Sincronización la degradación de la exactitud de los relojes de cesio puede provocar la existencia y crecimiento [valor acumulativo] de los deslizamientos [drift frequency]. Ver Tabla 2.1. Estas consideraciones son esenciales para la propuesta del prototipo AISSR. Son atributos clasificables [clases] en las acciones iterativas deducción - inducción necesarias para predeterminar los enlaces de alto nivel con errores y fluctuaciones que alteran la calidad de servicio del SC.

El Jitter se define según la recomendación G.702 "como pequeñas variaciones de la posición ideal en el tiempo de una señal digital" El efecto del Jitter es acumulativo e interno ó externo. Se limita con la interconexión de hasta 20 elementos SDH en cascada.

El Jitter es una fluctuación causada por variaciones de la fase de la señal digital, es expresado en términos de amplitud en UI, 488 nseg. Ver Figura 3.6., si su frecuencia es menor de 10 Hz es clasificado como Wander. Las señales binarias que son afectadas por el Jitter impiden ser muestreadas con precisión degradando, así, la calidad de la transmisión. También, es causado por el desborde ó retraso de información en los almacenes buffer del sistema.. Además, es un factor acumulable en los regeneradores del SDH, inclusive en el mapeo de tributarias asíncronas ó por la acción incremental ó decremental de los apuntadores. Todos sus atributos están definidos en las Normas G.825 y G.826 de SDH.

El Jitter como fluctuación de la temporización es, al igual que la probabilidad de error  $P_E = 1 / 2 \cdot \text{Erfc} [ V / 2 \sqrt{2N} ]$  en donde Erfc es la función error complementaria, el factor predominante en la transmisión digital en grandes longitudes, ya que son factores acumulativos que originan "ruidos de fluctuación" en las señales decodificadas en el extremo receptor. O, sea, las fluctuaciones de fase ó son aleatoriedad ó son sistemáticas. Esto, habría que considerarlo para el proceso de adaptación de fase. ! a la mitad del pulso ;

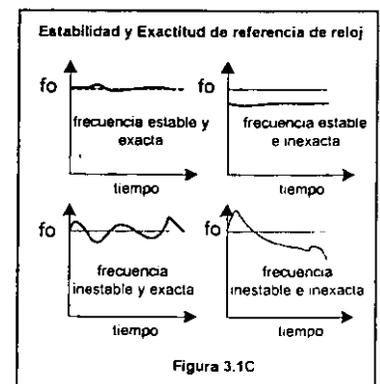
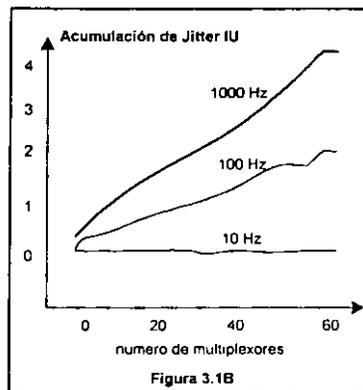
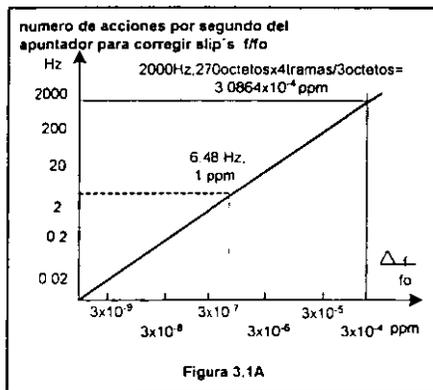
El fenómeno Jitter es medible con osciloscopio. El cual sobrepone la señal digital ocurrida en tres ciclos de reloj de tal manera que recrea un **diagrama de ojo en el cual puede apreciarse la respuesta en frecuencia del sistema involucrado y la eficiencia ó calidad del ancho de banda de la señal. Mientras este mas cerrado el ancho de banda es menor.** Figuras 3.1 A,B,C.

Este tipo de fenómenos fluctuantes hacen que las redes de telecomunicaciones sean mas complejas a lo que, necesariamente, se debe responder con mas sistemas inteligentes de medición, supervisión ó gestión de señales de alta capacidad [además]. El prototipo propuesto en el capítulo anterior puede "especializarse mucho mas" agregando mas conocimiento público ó privado en forma explícita ó implícitamente; o, inclusive perfeccionarlo dándole un tratamiento simulado si se considera al Jitter y cualquier otra fluctuación como fenómenos que son parte de proceso estocástico con errores aleatorios. Así, podría apreciarse mejor la Calidad del sistema y el desempeño de la red.

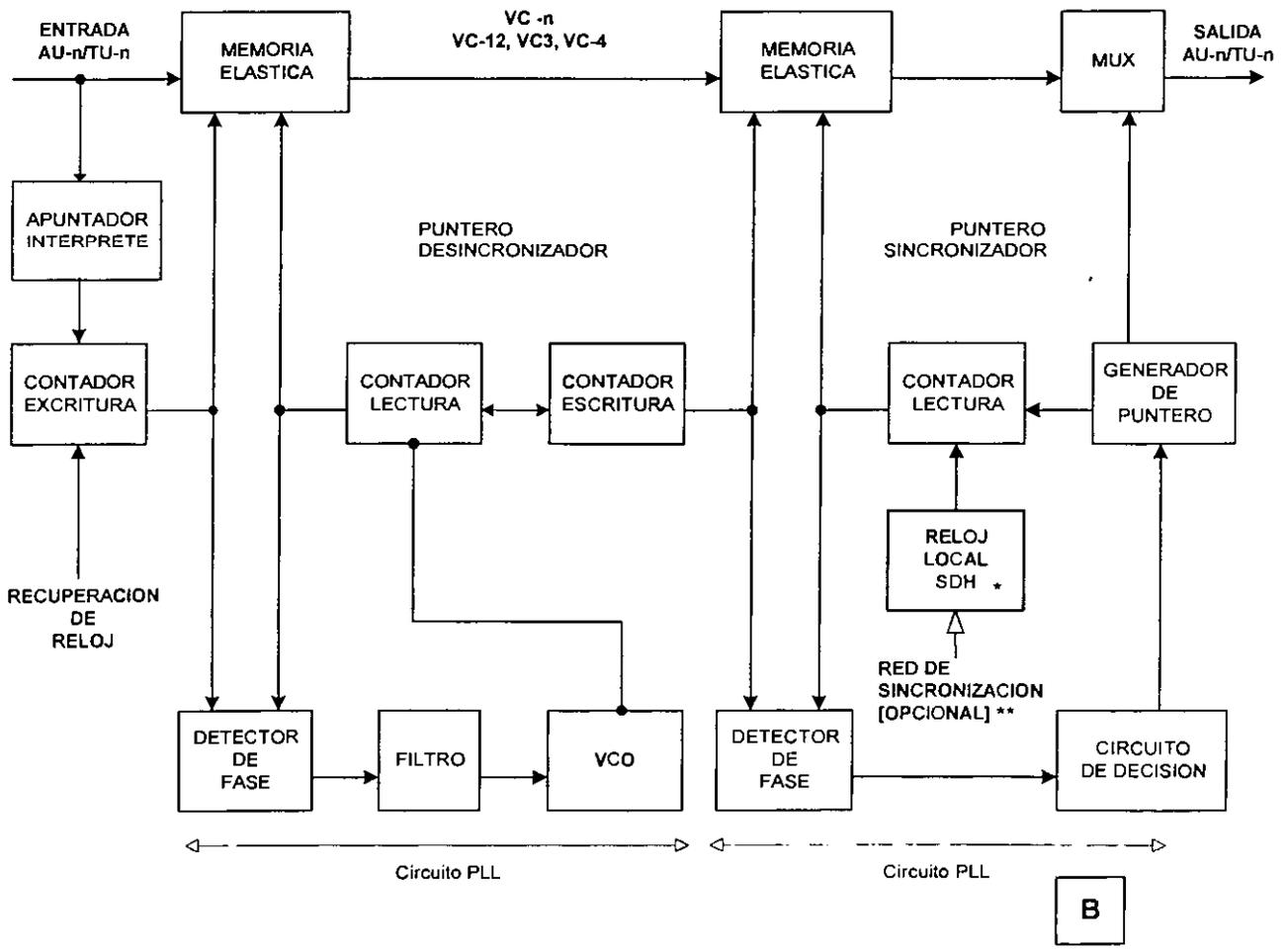
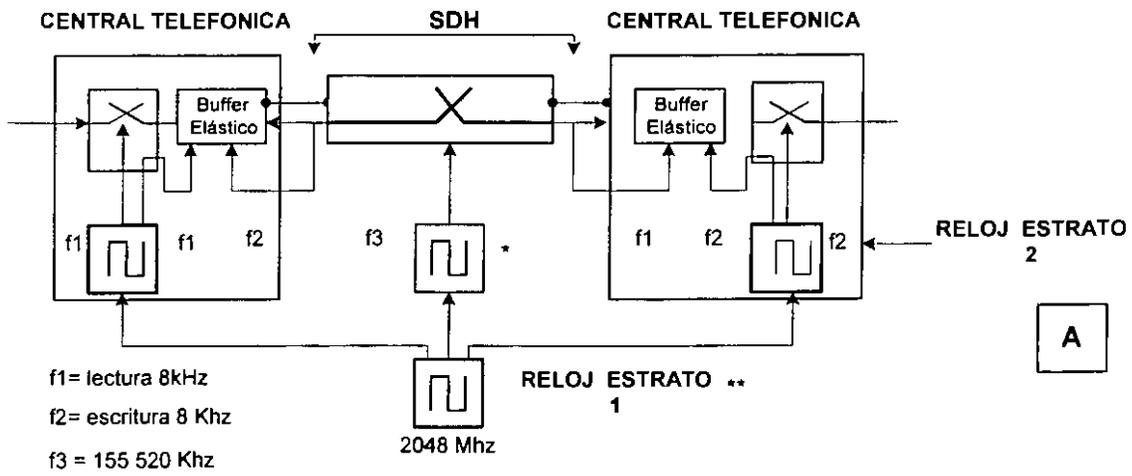
### 3.7 SINCRONIZACION Y DESINCRONIZACION

El sistema de alarmas de la red de transporte SDH [inclusive, PDH] es muy extensa y compleja pero, para efectos de análisis de señales de alineamiento ó sincronización tenemos que considerar solo lo referente a los octetos de alineamiento de trama SDH: octetos A1 y A2. Además, sería preciso abordar aspectos relevantes del "procesamiento de apuntadores" que tiene efectos involutivos. [Figura 3.1 A] los desplazamientos de frecuencia  $\Delta f / f_0$  en función de los acciones del apuntador por segundo deben efectuarse para sincronizar la carga útil y corregir la inestabilidad del sistema, [Figura 3.1B] la acumulación de Jitter ó Wander en razón de los multiplexores de la trayectoria digital, [Figura 3.1C] la estabilidad y exactitud de la frecuencia de referencias de reloj.

En el proceso de "ensamble" o "mapeo" de los octetos de diversas señales tributarias que se "acomodan" dentro de los contenedores virtuales VC van constituyendo el **proceso de sincronización**. Asimismo según muestra la **Figura 3.7** se efectúa un proceso inverso de "demapeo" en el extremo receptor óptico llamado: **proceso de desincronización**. La descripción funcional [sintetizada] del **procesamiento de apuntadores** que influyen en forma determinante en el proceso de sincronización de la carga útil contenida y transportada en los contenedores virtuales VC-12, VC-3 y VC-4 de la red sincrónica. También, es claro que la red de sincronización jerárquica [y por tanto, despótica] crea la estabilidad necesaria y suficiente de las señales puras de reloj al funcionar puntualmente con circuitos de amarre PLL [Phase Lock Loop] que detecta y compara la fase de la señal..



ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



**FIGURA3.7: PROCESAMIENTO DE APUNTADOR EN LA DESINCRONIZACION Y SINCRONIZACION EN UN SISTEMA DE SINCRONIZACION**

## CAPITULO 4 SISTEMA DE SEÑALIZACION INTELIGENTE

### 4.1 RED DE SEÑALIZACION

**"Yo puedo estar equivocado y tú puedes tener razón y, con un esfuerzo, podemos acercarnos los dos a la verdad"**

**Karl R. Popper / La Sociedad abierta y sus enemigos"**

#### 4.1.1 CONCEPTO Y ANTECEDENTES DE SEÑALIZACION

Señalizar es colocar "inteligentemente" en las vías de comunicación señales ó marcas que indiquen itinerarios, rutas, cruces, bifurcaciones, retenes, límites de velocidad y todo tipo de reglas de tránsito por autopistas o superautopistas y cuántas otras que sean útiles a los usuarios para lograr el objetivo de hacer llegar la carga de su transporte al destino final.

Desde los orígenes de la humanidad la naturaleza procreó la estructura de los sentidos y sus funciones con los atributos que permiten establecer comunicaciones a distancia. Vemos que en la persona normal el habla y la audición nunca han sido dos fenómenos distintos, aprender a hablar está condicionado por el hecho de oírse a sí mismo (N. Wiener). Los sentidos son un subsistema de percepción que actúan como transductores del mundo real, de una sobreabundante "realidad analógica". El sentido del habla y la audición evolucionaron con el tiempo para conformar determinados lenguajes orales y escritos codificados que le sirvieron para transmitir mensajes, es decir, señas que fueron los primeros signos convencionales, el primer indicio del entendimiento entre personas. En los antiguos sistemas de comunicación SC ya se procesaban señales de tipo óptico en forma rudimentaria; el uso de señalización encriptada era de uso común entre los ejércitos de la época ya que podían *transmitir y recibir* mensajes a distancia usando sistemas de código ingeniosos, difíciles de descifrar. El telégrafo óptico de Polibio –guerras entre Cartago y Grecia- puede ser un tácito ejemplo de aplicación de la explotación primigenia del proceso de sincronización. Por cierto, sujeto a las interferencias físicas, a las distancias entre emisor-receptor y al tiempo de conmutación entre señales. Conforme la señalización controlaba y corregía los errores era considerada "más inteligente". Obviamente en el siglo XX esto parece curioso pues el uso de fibras ópticas nulifica estos

causas de error. Desde siempre, los costos por distancia y los tiempo de conmutación de las señales[la variable dual espacio-tiempo] puieron inscribirse como los "dos grandes problemas para el proceso de comunicación". La evolución de la solución ha sido el diseño de formatos de protocolos de señalización, en cuanto más inteligentes: mejor.

La información contenida en los mensajes era la variable que había que proteger y garantizar. El objetivo, siempre ha sido, hacer llegar al destinatario final la señal de información en forma de voz, datos, símbolos ó mensajes. Para lograrlo es indispensable que para cada "llamada": a] exista un destinatario e implícitamente su contestación ó la contestación de "su equipo" en realimentación, b] el establecimiento y preservación del enlace físico y, c] un medio físico "guiado o no guiado" que favorezca las secuencias de las señales y tipo de señal. Impedir el caos es el fin ansiado. Los procesos de comunicación se han sistematizado con tecnología y han evolucionado desde sus orígenes como el ciclo, - sístole y diástole - que sincronizo la señalización del primer corazón humano hasta abordar el siglo en donde se pretende que las máquinas procesen conocimiento e información. Circunstancias que exigen a las telecomunicaciones mas exactitud, inteligibilidad y armonía.

La señalización en un sistema de comunicación o telecomunicación supone dos aspectos: uno, vinculado a la emisión y a la transmisión del mensaje, y el otro, a su recepción ó percepción. Se considera por una parte como inteligibilidad el estado de un mensaje que puede ser captado y comprendido sin dificultad. Asimismo, otra parte fundamental es la armonía en la comunicación, es decir, la combinación de señales y cadencias de sucesiones y simultaneidades. Finalmente, la señalización es un lenguaje que hoy "entienden y aprenden" las máquinas involucradas en un proceso de comunicación automatizado y digitalizado.

La evolución de los lenguajes se dio en términos de la oralidad y de la escritura. Muy probablemente los primeros sistemas para transmitir información a grandes distancias - por correo- fue el de relevo de mensajeros humanos, después se utilizaría al caballo, la carreta, los trenes. El teléfono [1876] se convertiría en el siglo XX en el sistema de comunicación predominante gracias a sus atributos de bidireccionalidad, capacidad y velocidad de transmisión de los mensajes.

Conforme ha evolucionado la tecnología con la microelectrónica los sistemas de señalización telefónicos han migrado del mundo analógico al mundo digital con un agregado mas: **inteligencia**, es decir, el procesamiento de señales digitalizadas ha dado la facilidad para que los sistemas de señalización [telefónica] tengan mas capacidad y habilidad en el intercambio *sistemático de secuencias de señales*. Es cierto que el siglo XXI marcara el inicio de la era de la información digital y que sobrevivirá si las redes del futuro pueden satisfacer las grandes necesidades de transporte [del orden de los 100 gigabits por segundo] y de que, además, el usuario pueda tener un solo acceso para todos los servicios multimedia integrados de voz, datos e imagen. Los retos del presente están en el futuro fotonico, para entonces, la señalización tendrá que ser aun más inteligente.

En el desarrollo de un modelo tecnológico de las telecomunicaciones ha influido la mezcla de dos aspectos cronológicamente relevantes: el **desarrollo de la tecnología** y la **necesidad de satisfacer ciertos servicios que faciliten una mejor comunicación**; ambas circunstancias han sido el motor del progreso de las telecomunicaciones. Basta observar la **Tabla: Antecedentes tecnológicos de la telefonía**, para reafirmar la noción de que si el historiador griego Polibio, quién diseño el primer sistema digital de comunicaciones sincronas, hubiera poseído la tecnología del siglo XX estaríamos hoy en otro universo.

Este sistema óptico fue el precursor [204-122 años, antes de nuestra era] de desarrollos militares con información criptográfica a, es decir, de los primeros sistemas de señalización de "uso domestico".

Al finalizar esta sección debe quedar claro que el concepto moderno de señalización utilizado en las redes de comunicaciones esta asociado a la gran diversidad de protocolos de comunicación existentes. Absolutamente todos intercambian señales que contienen información acerca de la naturaleza o comportamiento de los SC.

**TABLA: ANTECEDENTES TECNOLOGICOS DE LA TELEFONIA**

| AÑO             | EVENTO RELEVANTE  | IMPACTO EN CONMUTACION Cx  | IMPACTO EN TRANSMISION Tx   | SERVICIOS EXPLOTADOS  | TECNOLOGIA UTILIZADA  | DESARROLLO CIENTIFICO INVOLUCRADO                            | TIPO DE INFORMACION O CODIGO DE LINEA  | SINCRONIA Y LIMITANTES TECNICAS  |
|-----------------|---|--|---|---|---|--|--|--|
| 1793            | TELEGRAFO OPTICO (C. Chappe)  | Posición de brazos articulados con combinaciones en código               | Tx. de mensajes visibles; torres separadas entre 5 y 10 kms.                    | Telegrafia inalámbrica. Señales ópticas para usos militares | Optica: Anteojos terrestres basados en la teoría de Galileo, 1642 Analógica, M-aria | Telescopio astronómico                                       | Tx de 0.5 bps 50 simbolos por hora. Velocidad de mensajes 90 veces mayores que el correo a caballo | Interferencias atmosféricas, útil a distancias cortas y modo de transmisión sincrónica |
| 1839            | Invencción del telégrafo eléctrico Wheatstone-Cook                        | Interrupción mecánica de circuito eléctrico de corriente continua (Pila) | Mensajes de Tx. (volts) con medio de Tx. Unifilar Primera red telegráfica, 1951 | Telegrafia alambrica punto a punto                          | Electromecánica Digital, binaria con voltajes en línea (electroimán)                | Pila de A. Volta   | Los voltajes representados en código de puntos y rayas, Código Morse                               | Alimentación local, duración limitada  |
| 1844            | Uso del telégrafo eléctrico(S.Morse) Inician compañía telegráfica, 1851   | Interrupción mecánica de circuito eléctrico de corriente continua (Pila) | Uso de banda de 25 hz.  | Telegrafia alambrica punto a punto                          | Electromecánica Digital y binaria (electroimán)                                     | Pila de A. Volta   | Código de Morse Voltajes con puntos y rayas a 30 bps   | Alimentación local, poca duración de pila Operación en modo sincrónico                 |
| 1876            | Exposición Centenaria del aparato llamado teléfono de A.G. Bell           | Operación manual con señalización audible                                | Uso de líneas telegráficas  | Desarrollo experimental                                     | Desarrollo de Acústico - eléctrico; operación manual con señales analógicas         | Teoría de Oersted, Estudios de Galtz y Reissner (fisiología) |  |  |
| 1877<br>12-Feb. | Primera comunicación telefónica entre Boston y Salem                      | Operación manual   | Uso de líneas telegráficas  | Telefonia alambrica punto a punto                           | Electromecánica Analógica y uso transductores de señales eléctricas                 | Teoría de Oersted y operación telegráfica                    |  | Ruido, retardos, alimentación local con duración limitada de pila                      |
| 1878<br>Enero   | Funciona la primera central telefónica en New Haven y se crea la Bel & TT | Veintiún abonados intercomunicador en conmutación privada                | Primera red de telefonia con uso de líneas telegráficas                         | Telefonia inalámbrica punto multipunto                      | Electromecánica Analógica y uso transductores                                       | Teoría de Oersted y operación telegráfica                    |  | Ruido, retardos, alimentación local con duración limitada de pila                      |
| 1895            | Invencción de la radio (receptor de onda electromagnética por A.S. Popov  |  | Uso de antenas radioeléctricas  | Radionavegación Radiocomunicación                           | Electromagnética, Analógica   | Teoría de Hertz Y Oscilaciones de Huygens                    | Ondas largas Menores de 30 khz.  | Desvanecimientos, Distorsión selectiva y armónica con mas retardos                     |

#### 4.1.2 SISTEMAS DE SEÑALIZACION EN TELEFONIA

Para el caso particular del sistema telefónico [en México] dos compañías, La Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana y la Empresa de Teléfonos Ericsson S.A. iniciaron [1949] la expansión de las telecomunicaciones a partir de una aplicación excepcional interconectando sus redes telefónicas y los elementos más distantes en un sistema de comunicación como son los abonados ó suscriptores, clientes ó usuarios: Fue la operadora que conectaba y desconectaba las troncales quién "procesaba la señalización", supervisaba las señales entre abonados y administraba todo en las comunicaciones telefónicas, para entonces, la "inteligencia natural" controlaba los servicios de las telecomunicación. Evidencia que por eficaz, hoy, en pleno siglo XXI la ingeniería pretende hacer retoñar añadiendo a los nuevos programas de control almacenado de las centrales telefónicas [Storage Control System, SPC] programas [protocolos] de señalización digital.

Los sistemas de señalización digital han dejado para la posteridad a los sistemas analógicos, estas son las razones:

| TIPO DE SEÑALIZACION | VENTAJAS   | DESVENTAJAS  | APLICACIONES EN TELECOMUNICACIONES   |
|----------------------|--|--|--|
| DIGITAL              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso en línea de información digital útil para microprocesadores</li> <li>• El formato digital hace posible la criptografía, codificación, corrección y detección de errores, compresión de datos, <b>sincronización digital</b>, mayores distancias y menores tiempos de retardo de los mensajes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistemas de alto costo de inversión pero, con relación beneficio costo favorable.</li> <li>▪ Sistemas homologables y con repercusión en la infraestructura instalada</li> <li>▪ Inversión tecnológica con poca vida útil</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En topologías propias para redes inteligentes</li> <li>▪ En señalización por canal común SSCC#7</li> <li>▪ En redes de computo</li> <li>▪ En redes con protocolos empaquetados</li> <li>▪ En interfaces inteligentes [hombre-máquina]</li> <li>▪ En variantes del sistema SSCC#7 para aplicaciones en redes de acceso DSS1 [Digital subscriber signaling system No. 1] en RDSI</li> </ul> |
| ANALOGICO            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enlaces por eslabón en banda limitada de 4 khz</li> <li>• Uso en línea de señales analógicas fuera de banda de voz</li> <li>• El formato analógico hace posible la radiotelemetría, la técnica FDM es su fortaleza</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Al usar señales no digitalizadas, son afectadas por ruidos, distorsiones.</li> <li>▪ El uso de repetidor de señal lo hace más caro</li> <li>▪ Trayectos para distancias menores.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tendencia tendientes al desuso</li> <li>▪ En sistemas híbridos</li> </ul>   |

En síntesis:

| APLICACION            | TIPOS DE COMUNICACION   | EJEMPLOS  |
|-----------------------|---|---|
| PERSONAS              | Idiomas, Lenguajes, dialectos, normas culturales, reglas de urbanidad | Español, Nahuatl, protocolos diplomáticos, etc. |
| COMPUTADORAS          | Protocolos, Lenguajes   | HDLC, SDLC, ASCII, EBCDIC, etc.                 |
| CENTRALES TELEFONICAS | Señalización  | DTMF, CCITT 1 a 7                               |

**NOTA: INFORMACION DE TELCOR**

Gracias a los altos presupuestos que dedican los países industrializados en los sectores de la ciencia y la investigación se han logrado innovaciones tecnológicas en las telecomunicaciones a tal grado que la múltiple diversidad de proyectos y diseños de equipos fabricados por los proveedores [Ericsson, AT&T, Alcatel, Siemens, Phillips, etc.] están convergiendo hacia normas específicas en las organizaciones normativas como: ITU-T, CEPT, ISO y ANSI. Así, es como las administraciones telefónicas de todos el mundo se han visto obligadas a instrumentar planes fundamentales de conmutación, transmisión, numeración, enrutamientos, facturación, interconexión, sincronización y señalización; para favorecer la gestión de sus redes regionales, nacionales e internacionales.

| ORGANISMO                          | AÑO   | ESFERA DE INFLUENCIA                            | APLICACIÓN  |
|------------------------------------|---|---|---|
| UIT                                | 1865  | Limitada a Europa y EU                          | Telegrafía  |
| CCIF                               | 1925  | Internacional                                   | Telefonía Internacional   |
| CCIT                               | 1925  |   | Telegrafía  |
| CCITT                              | 1947  | ITU-T,<br>ITU-R,<br>ITU-D.                      | Telecomunicaciones<br>Radiocomunicaciones<br>Desarrollo                                 |
| ITU-T [antes CCITT]                | 1956-1993   | Internacional                                   | Telefonía y<br>Telecomunicaciones   |
| ANSI                               | 1984  | Regional [EU]                                   | Electrónica y estándares<br>industriales  |
| ETSI [CEPT]                        | 1992  | Regional [Europa]                               | Telefonía y<br>Telecomunicaciones   |
| ATM FORUM                          | 1991  | Mundial   | Redes Virtuales   |
| IAB IRTF                           | 1983  | Mundial   | Internet, WWW   |
| <b>ITU-T [México]<br/>SSCC # 7</b> | <b>21 junio 1996 PAUSI-<br/>MX<br/>NOM-112.SCT-1995</b> | <b>Internacional<br/>Regional [para México]</b> | <b>Red PTS en Larga<br/>Distancia Nacional e<br/>Internacional,<br/>Red Inteligente</b> |

Tabla 4.1: Normas Internacionales y el SSCC # 7

El desarrollo de los sistemas de señalización ha sido congruente y consistente con la evolución de los sistemas de transmisión y conmutación:

| SISTEMA, ORGANISMO  | AÑO           | SEÑALIZACION TELEFONICA | APLICACIÓN  | TECNOLOGIA   | OBSERVACIONES  |
|---|---------------|-------------------------|---|--|--|
| CCITT # 1   | 1934          | Analógica<br>1 VF       | Canal de voz + una frecuencia en línea                                      | Manual   | Tráfico Internacional muy limitado   |
| CCITT # 2   | 1938          | Analógica<br>2 VF       | Canal de voz + dos frecuencias de toma y liberación en línea                | Semiautomático<br>uso de relevador   | 600Hz Y 750 Hz   |
| CCITT # 3   | 1954          | Analógica               | Canal de voz + una frecuencia de toma en línea                              | Semiautomático,<br>relevador   | Tráfico intercontinental con toma unidireccional 220 Hz  |
| CCITT # 4   | 1964          | Analógica               | Canal de voz + dos frecuencias de toma y liberación en línea unidireccional | Semiautomático,<br>Relevador y transistor [-]                                      | Tráfico terminal, transito e intercontinental 2040 Hz y 2400 Hz                                    |
| CCITT # 5   | 1964,<br>1968 | Analógico<br>MFC        | Canal de voz + dos frecuencias en línea.<br>Código MFC                      | Automático y transistor [+]  | 2400 Hz y 2600 Hz tráfico intercontinental   |
| CCITT # 6   | 1968          | Analógico<br>MFC        | Canal Común separado de canal de voz<br>Código MFC                          | Automático y transistor [++]<br>EI como PCM en línea [-]                           | Modem a 2400 bps, tráfico a usuario, transito y bidireccional                                      |
| CCITT # 6   | 1976          | Digital                 | Canal Común separado<br>Del canal de voz<br>Link analógico                  | SPC en Central semielectrónicas<br>Semiautomática,<br>PCM [+] en línea             | Modem a 56 kbps, tráfico a usuario, transito y bidireccional                                       |
| <b>CCITT # 7<br/>Libro amarillo 1981, Libro Rojo 1985 y Libro Azul 1989 con ITU-T</b> | 1980          | Digital                 | <b>Canal común a 64 kbps<br/>Separado de canal de voz, Link digital</b>     | <b>Central Digital<br/>Red independiente<br/>señalización # 7<br/>EI, PCM [++]</b> | <b>Enlace a 64 kbps, tráfico a usuario de voz y datos.<br/>Soporte para servicios inteligentes</b> |
| R1 MFC  | 1968          | Analógico               | Multifrecuencias en secuencia dentro de banda                               | Emisores y receptores transistorizados   | 2600 hz en línea y de 700 a 1700 hz entre registros, tráfico terminal y bidireccional              |
| R2 MFC  | 1968          | Analógico               | Multifrecuencias en secuencia dentro de banda                               | Emisores y receptores transistorizados   | 540,1140,1280,1980 Hz entre registros analógicos y digitales                                       |

Tabla 4.2 Sistemas Normados por la CCITT e ITU-T

Las tablas anteriores predeterminan la importancia de los sistemas de conmutación y transmisión digital específicamente en lo que refiere al sistema de señalización digital. En efecto, se reitera que el procesamiento de *señales discretas en el tiempo y en amplitud* es promueve el **software de transporte y conmutación**, lo cual favorece aplicaciones de **redes de conmutación por paquetes, redes virtuales y redes inteligentes.**

Por supuesto, El sistema de señalización numero "7" [SSCC#7] es el alma de estos tres tipos de redes.

#### **4.1.3 CUALIDADES DE LA SEÑALIZACION POR PAQUETES Y LAS APLICACIONES DEL SSCC # 7**

El protocolo del SSCC # 7 es **agregado** a una central telefónica digital como un bloque de software que contiene todos los algoritmos necesarios para controlar los tiempos de las señales de abonado, de línea y de registro. La señalización cumple obligadamente con la función de establecer la conexión y liberarla, de controlarla y administrarla. Si asimila estas demandas entonces se constituye como un subsistema predominante en un sistema de telecomunicación imbricado por redes conmutadas por circuitos, por paquetes y por mensajes. Aunque, las redes estén genéricamente clasificadas como se muestra enseguida, el interés del capítulo no radica exclusivamente en la conmutación por paquete, ya que, este tipo de red de señalización interrelaciona e integra a los demás en un sistema estandarizado por la ITU-T como: SSCC # 7.

- tipo de conmutación que efectúan [circuitos, paquetes, mensajes]
- tipo de arquitectura o topología de los medios de transmisión utilizados: [anillo, bus, estrella, árbol, satélite, radio]
- tipo de transferencia de información difundida.

Es decir, el SSCC # 7 conjunta y acopla varios recursos de transmisión y conmutación de la red RTPC para constituir terminales, nodos e interfaces de red como parte importante de una infraestructura de circuitos físicos que dotan de transparencia a la red cuando el usuario comparte recursos que no ve, y por consiguiente, alcanza el carácter de virtual. Servicio

que es vendido por los operadores telefónicos [Telmex, Avantel, Alestra, etc.] como circuitos físicos pero que en realidad es una red virtual. Tal es el caso de la VPN [Red Virtual Privada] implementada para los servicios avanzados de red inteligente RI.

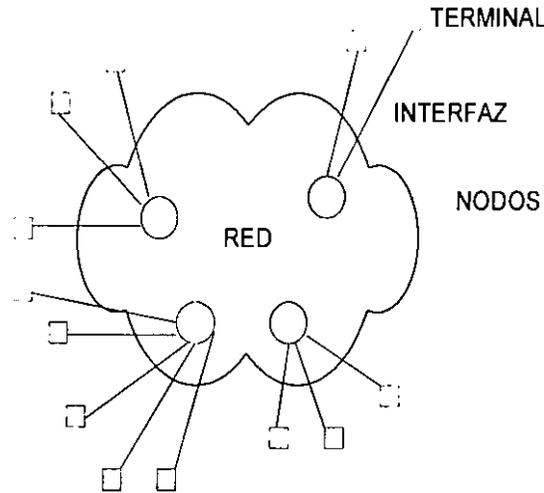
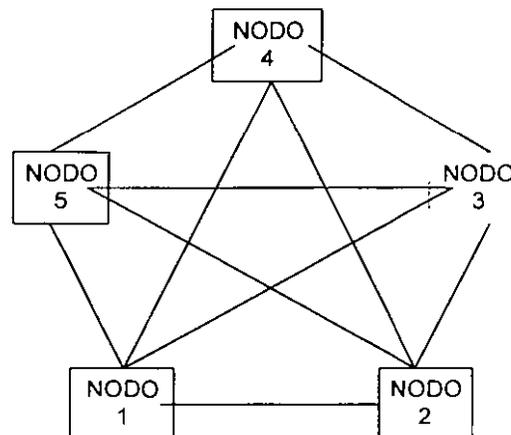


Figura 4.1

El esquema representa una red genérica que incluye todas las redes regionales, nacionales o internacionales. Los nodos, constituidos por centrales digitales y equipo de transmisión, representan la parte que corresponde a la estructura jerárquica del tráfico gestionado por el proveedor de servicios, regularmente un operador telefónico [como Telmex] que dispone para el usuario de una Red Total Interconectada a escala mundial con Backbone de alta capacidad de transporte [enlaces E0, E1, E2, STM-1 y STM-4 sistemas de 2.5 Gbits/seg]. Asimismo, simbioticamente, "la red" debe incluir a otras subredes digitales como una *red de sincronización* y una *de señalización* que obren como "dialogador digital"

FIGURA 4.2 RED DE NODOS SIMILAR A LA USADA EN LA RED DE LARGA DISTANCIA DE TELMEX



que maneja los servicios electrónicos avanzados del presente y del futuro.

Conforme va evolucionando la red de telecomunicaciones hacia una red de servicios integrados -RDSI- se incrementa la necesidad de una mayor interconectividad, dada la complejidad de la topología de red o malla. Esto, es, la cantidad de enlaces o link entre nodos es determinada por la relación  $N[N-1]/2$ , donde N= Cantidad de Nodos. En el ejemplo son necesarios 10 enlaces para conectar 5 nodos, cada uno con 4 accesos bidireccionales. Basta con mostrar este simple ejemplo para comprender suficientemente que los costos totales de una red de telecomunicaciones progresan en forma geométrica. Esta razón ha obligado a las administraciones a planear mejor dos factores determinísticos para la evaluación de la **calidad del sistema** de telecomunicación:

- **La Calidad de la Conmutación** ⇔ Disponibilidad y Traficabilidad
- **La Calidad de la Transmisión** ⇔ Evaluación de la Tasa de Error

La norma G.821 define la calidad que deben tener los enlaces digitales; es una recomendación basada en una conexión ficticia internacional de referencia, de 64 kbits/seg, con 27.500 km., pasando por hasta 10 conmutaciones. El tiempo de observación es de un segundo. Los segundos son clasificados en segundos con error ES, segundos con muchos errores SES, y segundos sin errores EFS. Ver tema referente al modelo AISSR.

Estas recomendaciones aplicadas a la central digital y a el medio físico de transmisión digital ú optoelectrónico se complementan con la necesidad "sine qua non" de combinar la red total integrada con un sistema de sincronización SS + la red de señalización. El objetivo común de la red o SC es cumplir estrictamente con los postulados de Shannon y de la estabilidad de Nyquist.

La red de señalización es como el sistema nervioso ó neuronal bajo control estadístico de los enlaces de una red conmutada de nodos terminales o de tránsito. Para el caso específico de una WAN como la RTPC la topología de la red virtual es entre nodos asociados que no comparten el medio de transmisión. El problema de colisión es común cuando en los nodos terminales se interconectan subredes LAN, aunque bien podría evitarse si estas se conectasen en forma de anillo ya que lo que se comparte no es el medio, sino el transporte de la información por el medio. Esto, quiere decir, que las redes conmutadas de mensajes o paquetes y las de difusión conviven independientemente para constituir una red integral, tal como puede observarse en la Figura 4.2.

Las modernas y complejas redes del futuro requerirán sistemas de señalización más inteligentes que se sustenten en la ayuda mutua y no en la competencia sistémica de diversa índole, ya que, indiscutiblemente la inteligencia del sistema de señalización no lo será por sí mismo sino por la ayuda mutua y la cooperación sistemática entre señalización, sincronización, familia de protocolos TCP/IP y protocolos prototipo de enlace de datos como HDLC.

Para lo antes mencionado, las redes **RDSI** y **B-RDSI** exigirán interfaces "más inteligentes" y la digitalización total en los medios físicos y de transporte de todas las interfaces y, por ende, una gobernalidad controlada por multiprocesamiento en los nodos y centrales digital que administran las trayectorias ó enrutamientos de canales de señalización con diversos equipos y tecnologías.

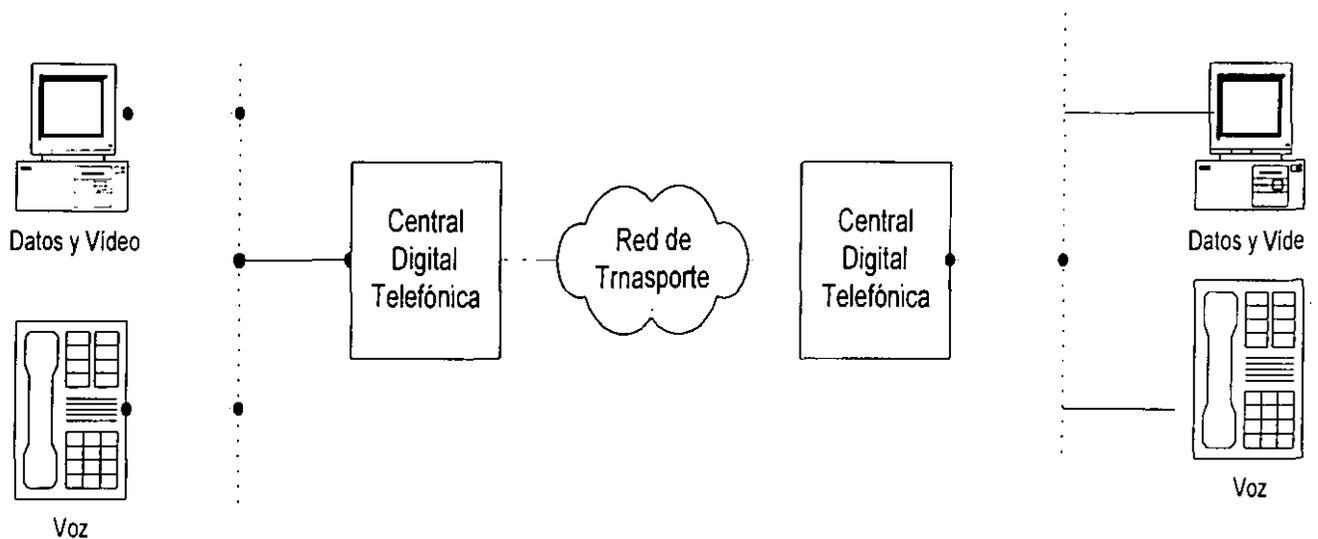


FIGURA 4.2

El sistema de señalización No. 7 opera entre usuario/abonado y central digital [DSS1], entre centrales digitales y en las líneas digitales [SSCC#7]. Históricamente han existido las tres interfaces pero, tecnológicamente siempre han evolucionado según la mutación de la red. Los tiempos de retardo de conmutación por nodos han disminuido, asimismo, los tiempos de contestación ó liberación y, en general, todos los tiempos usados en la señalización se han reducido. Es decir, la conmutación con que operaba el relé

electromecánico ha dado paso a la conmutación a través del transistor con tecnología MOSFET lo cual ha derivado al utilitarismo del control digital que ha sustituido abruptamente al analógico pero, en razón del todo el conocimiento que le fue heredado y experimentado y explotado en gran parte del siglo XX.. El sistema de señalización utilizado en la red digital de telefonía, además de rápido debe tener el atributo de la versatilidad ya que las exigencias en la interfaz de usuario y los servicios integrados de carácter multimedia le otorgan ingredientes de mas complejidad.

El sistema de señalización que interesa contemplar agrupa el intercambio de señales que se dan en las tres interfaces anteriormente descritas, se conocen como:

- Señalización de abonado → Interfaces entre Usuario UNI y Central
- Señalización de registro → Interfaces entre Centrales NNI
- Señalización de Línea → Interfaces de Línea

Todas las líneas que enlazan recursos son las interfaces señaladas cursan unidades de información ó de mensajes deben ajustarse al modelo de referencia OSI en sus siete abstractos niveles algorítmicos. En consecuencia, el subsistema de señalización digital que se adapta a todos los requerimientos de minimización de tiempos de conexión y de maximización en la capacidad de transporte de "unidades de información" [bits, tramas, mensajes...] es el SSCC # 7.

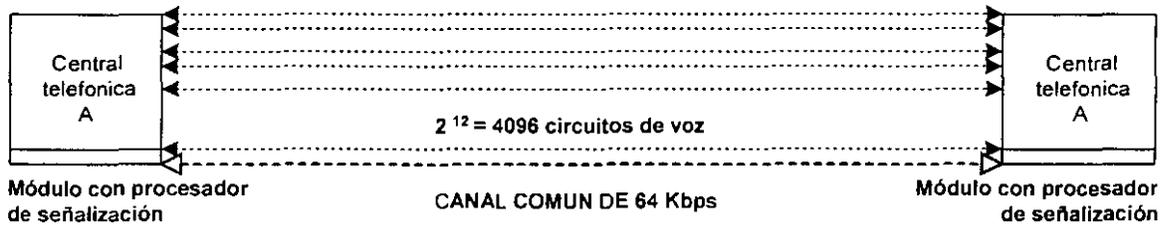
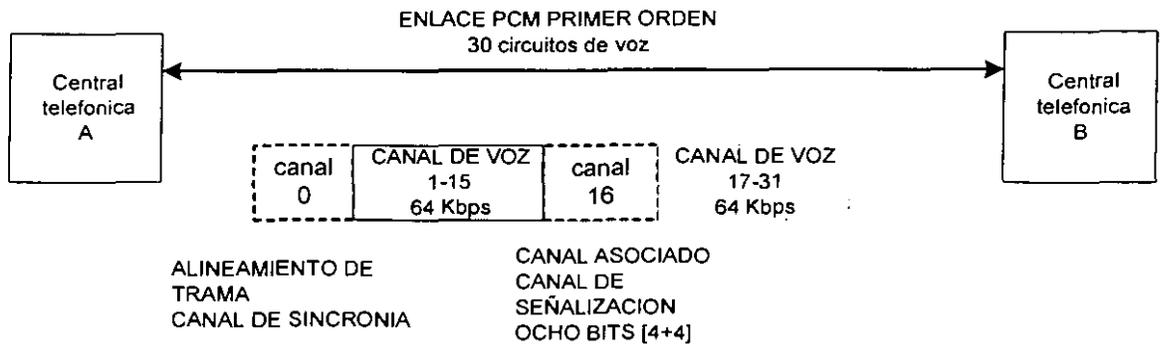
El SSCC # 7 es un sistema de transmisión de paquetes que se diferencia del SSCA - sistema de señalización por canal asociado- en que mientras el primero fabrica unidades de señalización FISU nivel 2, LSSU nivel 2 y 3, MSU nivel 2,3 y 4 para intercambiar información con formato de paquete el otro fundamenta su operación y funcionamiento en el uso de impulsos multifrecuenciales de secuencia obligada. Ver Figura 4.3.

Mensajes FISU [Fill-in Signal Unit] Unidad de señal de relleno

Mensaje LSSU [Link Status Signal Unit] Unidad de señal de estado de enlace

Mensaje MSU \*\* [Message Signal Unit] Unidad de señal de mensaje.

| Sistema  | Canales de Voz    | Señalización | Sincronización o Alineación |
|----------|-------------------|--------------|-----------------------------|
| SSCC # 7 | Slot 1-15 y 17-31 | Canal x      | Canal 0                     |
| SSCA     | Slot 1-15 y 17-31 | Canal 16     | Canal 0                     |



**UNIDADES DE SEÑALIZACION EN SSC # 7  
UTILIZADAS COMO MENSAJES EN EL ENLACE DE SEÑALIZACIÓN**

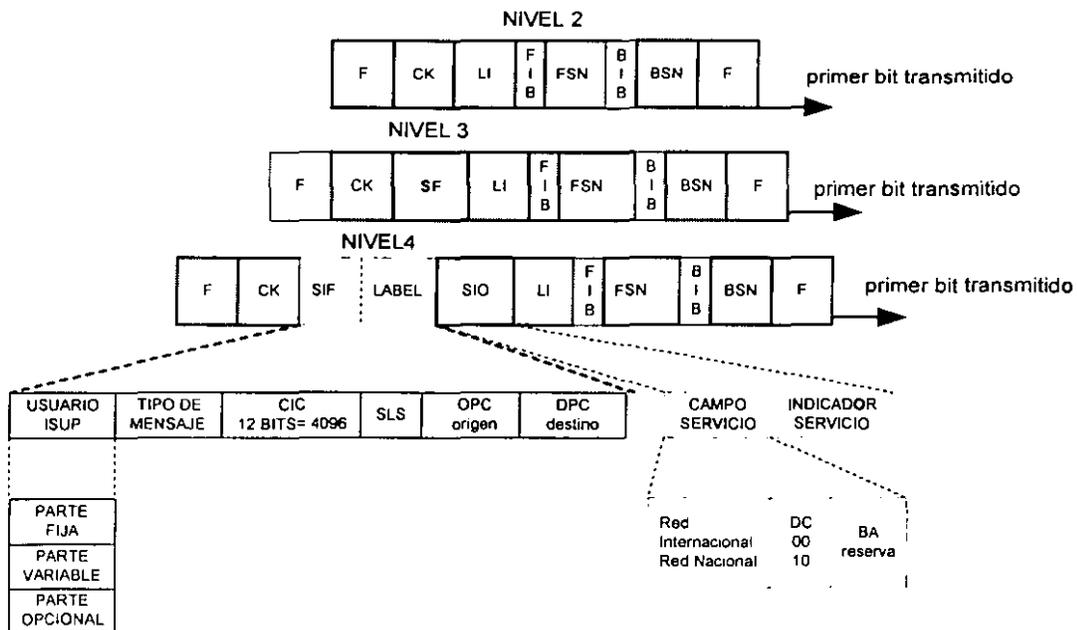


FIGURA 4.3: UNIDADES DE SEÑALIZACION FISSU, LSSU Y MSU EN EL SSC # 7

En el sistema de señalización por canal asociado CAS la señalización de línea y registro entre las centrales digitales A y B se efectúa con enlaces "E1" de 30 canales de voz, uno de *alineamiento de trama ó sincronía* y otro canal especialmente dedicado para transportar la señalización de línea asociada a cada canal telefónico. Las señales de línea son pulsos secuenciales de señalización que son convertidos a palabras binarias de ocho bits en cada "time slot" de 3.90625  $\mu$ segundos de duración y codificados en el mismísimo canal 16 de la trama. En la señalización por canal asociado se utiliza el canal 16, ver tabla anterior, para la señalización de los 30 canales telefónicos haciendo uso de la capacidad que ofrece la estructura de la multitrama, la cual se repite con una frecuencia de 500 hz y, tiene disponibles 128 bits para la información de señalización [16 palabras de ocho bits] procedente del equipo de conmutación, la cual, no cambia de condición muy rápidamente. No es pues, necesario hacer un muestreo de la información de señalización en forma similar a las señales de voz, por lo que los ocho bits del canal de señalización pueden utilizarse para múltiples fines.

El código MFC de la señalización de registro utiliza seis frecuencias combinadas en una relación 2/6, la banda de resguardo entre ellas es de 120 hz. Dos frecuencias mezcladas son impulsadas "*hacia adelante*" como **señales numéricas** dentro de una banda limitada de 1380 a 1980 hz en un enlace bidireccional [full dúplex] que permite, también, señalar "*hacia atrás*" con **señales de control** combinadas con dos frecuencias de 1140 a 540 hz; en ambos casos la duración de los impulsos "numéricos y de control" es de 150 y 600 milisegundos. En el tipo de señalización por canal asociado el intercambio de información de señalización es lento; también, presenta muchas limitantes en la capacidad para transportar información ajena a la llamada telefónica, como en el caso de información detallada de facturación, por ejemplo. *Es decir, conforme se incrementa la complejidad de la red de voz su administración muestra cierta inflexibilidad y anula la versatilidad en lo que concierne a la integración de servicios modernos de los diferentes tipos de usuario.*

El objetivo de todo tipo de red de señalización es establecer enlaces para transferir información desde un nodo origen OPC a un nodo destino DPC, esta misma relación determina por si misma la arquitectura, el tipo de técnica de transferencia de información y el tipo de conmutación útil para lograr un merecido objetivo. Las redes conmutadas de circuitos y paquetes consiguen el objetivo prescrito de dos diferentes maneras

1. Estableciendo y liberando trayectorias físicas con conexiones permanentes ó
2. Estableciendo y liberando trayectorias virtuales ó lógicas

La primera opción es propia de la red telefónica con conmutación pública RTCP, en la que la condición de multiplicidad de circuitos permanentes extremo a extremo implica incremento de costos de conexión, y de mantenimiento. Un reflejo fiel de la complejidad de este tipo de redes.

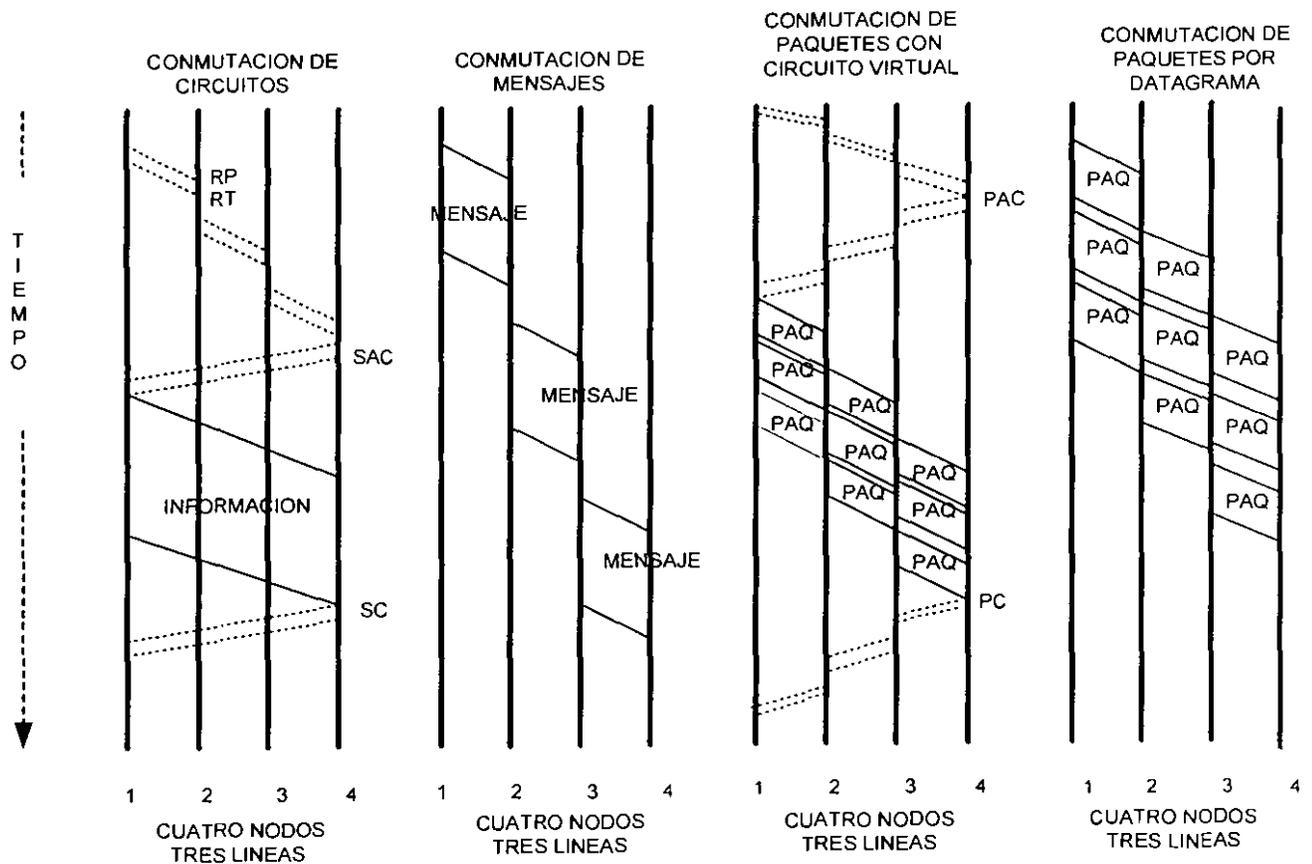
Asimismo, las redes virtuales con control digital de trayectorias digitales son consideradas como redes de conmutación de paquetes ya que reciben, almacenan y transmiten estructuras de datos binarios entre nodos de conmutación y/o nodos terminales. Para este caso la relación costo-beneficio es mas favorable en función de las exigencias propias del mercado de las telecomunicaciones, de la complejidad de la red y de la oferta de servicios modernos "inteligentes". En resumen, conforme la "red total" incrementa su complejidad la respuesta es tecnológica: "mas inteligencia en las interfaces de red, mas inteligencia en los equipos de conmutación digital y más inteligencia en los equipos de transmisión y señalización", todo para enfrentar un crecimiento geométrico de los costos operativos y funcionales y para mejorar la calidad de servicios. En general; para sobrevivir

Los tecnólogos han establecido que la tendencia esta encaminada hacia los administradores del ancho de banda y, en consecuencia, a la construcción de redes de banda ancha que faciliten la entrega de servicios integrados a los nuevos - y a los viejos- usuarios. Para la satisfacción completa de los servicios integrados, de estas "necesidades modernas" el desarrollo tecnológico ha heredado dos elementos fundamentales: los estándares y la propia tecnología, que por supuesto tienen que ver con las figuras 4.A y 4.B.

Todos los desarrollos tecnológicos en telecomunicaciones y telemática, presentes y futuros, estarán supeditados a la temporización de las variables de señalización. Para los protocolos de canal común es substancial la temporización pero, también, su evolución hacia la paradigmática B-RDSI; asimismo, la congruencia de sus recomendaciones serie Q.700 relacionan el modelo de referencia OSI [interacción de sistemas abiertos] con los protocolos orientados a la conexión, como a los orientados a las transacciones de servicios de red inteligente [RI] y de gestión de la propia red del SSCC # 7. Todo va rumbo hacia una gestión basada en los estándares del modelo TMN que agrupa todas las clases de red en un ámbito en donde el conocimiento podrá ser gestionado. [Knowledge Management].

## TECNICAS DE CONMUTACIÓN

- CONMUTACION POR CIRCUITOS
- CONMUTACION DE MENSAJES
- CONMUTACION DE PAQUETES MEDIANTE CIRCUITO VIRTUAL
- CONMUTACION DE PAQUETES MEDIANTE DATAGRAMAS



- RP retardo de propagación nodo-nodo
- RT retardo de tratamiento en el nodo
- SPC señal de petición de comunicación
- SAC señal de aceptación de comunicación
- SC señal de confirmación
- PPC paquete de petición de comunicación
- PAC paquete de aceptación de comunicación
- PC paquete de confirmación

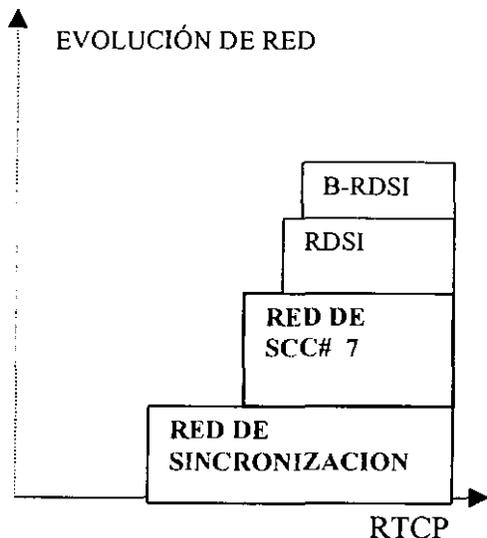
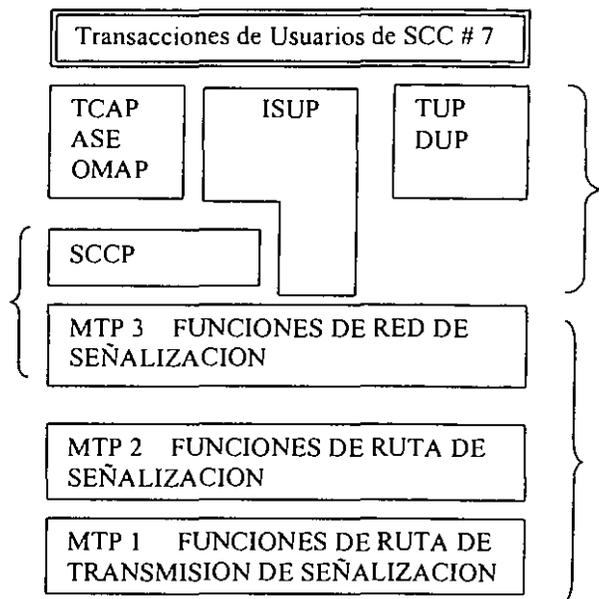


FIGURA 4.A



PROTOSCOLOS DE SCC # 7

FIGURA 4.B

El sistema de señalización de canal común número siete, SSCC # 7 tiene dos funciones fundamentales:

- Una parte protocolaria que gestiona toda la transferencia de mensajes a nivel de red: MTP1, MTP2 y MTP3, que representan a cada uno de los niveles funcionales de la Parte Transferencia de Mensajes [MTP, Message Transfer Part]
- Y, otra parte protocolaria orientada a las diversas *aplicaciones transaccionales* que suceden entre la red de SCC # 7 y los tres tipos de usuario: TCAP [transacciones a nivel de aplicación], ISUP [para red digital de servicios integrados] y TUP [para red conmutada de telefonía básica]. Esta Parte del Usuario vincula las aplicaciones como consultas a base de datos, servicios inteligentes [capítulo V] con la red de señalización.

El SSCC # 7 se constituirá en un futuro cercano en la columna vertebral de los servicios B-RDSI, es decir, para la red basada en protocolos ATM, DSS1 e IP sobre ATM. Con este procedimiento de señalización, será posible acrecentar las expectativas de la red telefónica existente con las cualidades de la Red Inteligente. La abstracción propia del

modelo OSI aplicara como base de inventarios de modificaciones y propuestas que han dado vida a las recomendaciones de la familia Q.700.

| NIVELES OSI                     |  | ESTRUCTURA RELACIONADA CON EL SSCC # 7  |
|---------------------------------|--|---|
| PROTOCOLOS                      | SERIE Q.700  | FUNCIONES   |
| Físico                          | NIVEL 1<br>Q.702   | MTP 1 esta asociado al enlace de datos de señalización [SDL]y define los protocolos físicos, eléctricos y funcionales del <b>enlace de señalización [link]</b> canal PCM de 64 kb/seg entre puntos de señalización, aunque es posible el uso de canales analógicos de 4.8 kb/seg para señalizar a través de modem. E inclusive el link puede ser fijo o móvil.                                |
| Enlace                          | NIVEL 2<br>Q.703   | MTP 2, nivel que define las funciones y procedimientos para <b>intercambios de mensajes libres de errores</b> . Supervisión de tasa de errores. El link de señalización puede ser visualizado como un canal de transporte ideal bidireccional entre puntos de señalización. <i>El protocolo de control de enlace es orientado a bits con estructura de trama similar a la trama de HDLC *</i> |
| Red                             | NIVEL 3<br>Q.704   | MTP 3, las funciones de <b>red de señalización</b> contienen el software necesario para el <b>manejo de mensajes</b> de enrutamiento, discriminación y distribución y, para la <b>gestión del tráfico de la red de señalización</b> : <i>a partir de este nivel todas las funciones se implementan en software exclusivamente</i>   |
| Parte de usuario y aplicaciones | NIVEL 4<br>Q.721-725<br>Q761-764<br>Q711-714<br>Q771-775<br>Q795 | TUP [parte de usuario telefónico]<br>ISUP [parte de usuario de servicios de red integrados]<br>SCCP [parte de control de conexión de la señalización]<br>TCAP[aplicaciones y control de transacciones]<br>OMAP [parte de gestión, operación y mantenimiento de la red de señalización].   |

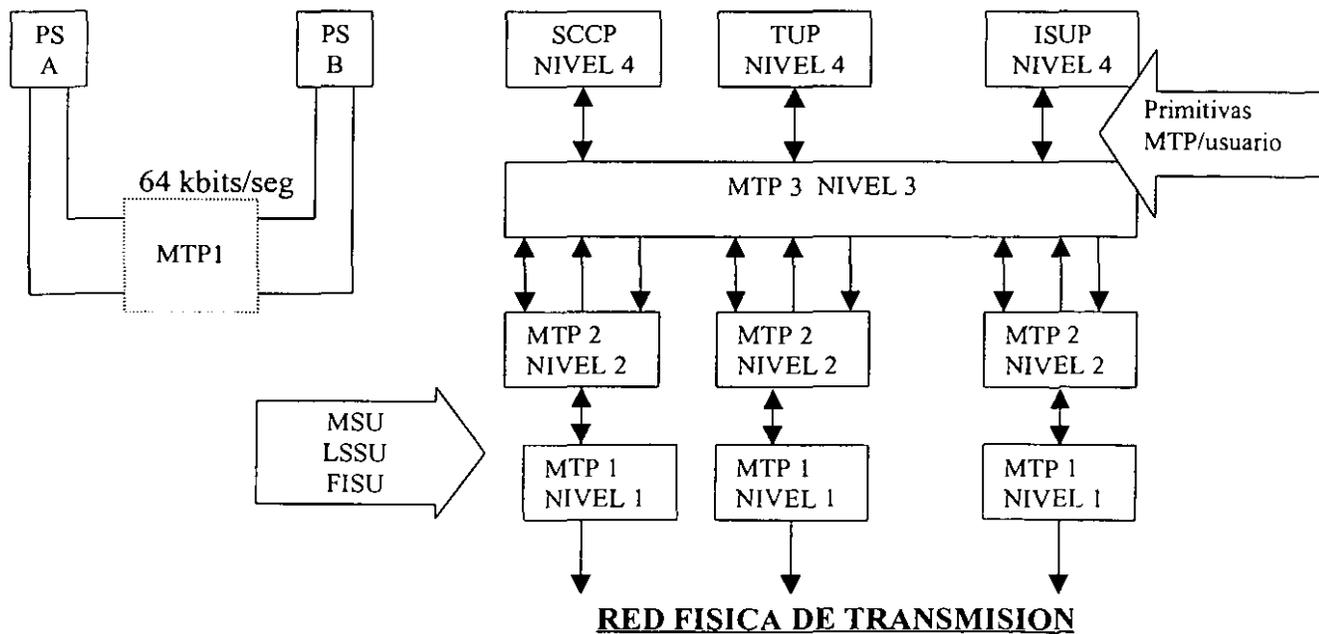
La función MTP sintetiza a los protocolos del SSCC # 7 orientados a red. Pero, MTP es incapaz por si misma de establecer conexiones telefónicas, de consulta de datos o vídeo o de otro tipo. Para llevar a cabo estas conexiones, MTP necesita emplearse junto con los señales primitivas entre entidades para definir el tipo de transacción o servicio que se implementará en razón del tipo de usuario: TUP, DUP o ISUP; estas partes de usuario agrupan funciones específicas del nivel 4 del SSCC # 7, definen el contenido de mensajes y su propia interpretación, además, se encargan del control de la conexión.

La entidad que controla la conexión de señalización SCCP opera en el nivel 4 del SSCC # 7; sus funciones son similares al protocolo de control de transmisión TCP/UDP ya

que ofrece dos servicios básicos análogos: a) servicios sin conexión, clase 0 y 1 que garantizan la secuencia y la no secuencia de mensajes respectivamente y, b) servicios orientados a conexión, clases 2 y 3, la primera se encarga de la segmentación y reensamble de los mensajes y, la segunda del control de flujo, la detección de pérdida del mensaje y secuencias erróneas. Para la transferencia y transacciones de datos se utiliza la clase 3, ya que primero establece el vínculo emisor - receptor antes del envío de datos. En realidad, esto significa el establecimiento de una conexión virtual de conmutación por paquetes extremo a extremo. El modo sin conexión se aplica cuando el contenido de datos del mensaje es pequeño. Estos sistemas se conocen como datagramas.

Conjuntamente con la capa MTP los protocolos de servicios de usuario diseñan la forma de establecer servicios integrados, es decir, la combinación de servicios conmutados de voz y paquetes de datos serán facilitados en una infraestructura que relacione la red de circuitos conmutados de las centrales digitales con los "servicios logísticos" estructurados en base de datos especializadas cada vez más evolucionadas. En consecuencia, el sistema de señalización de canal común # 7 adoptado desde 1980 contiene el "conocimiento público" de la lógica de los servicios de redes inteligentes

La esencia estructural de la red de señalización es asociar los puntos de señalización PS-A con PS-B por medio de la MTP1.



#### 4.1.4 SIMILITUD ESTRUCTURAL DE LOS FORMATOS DE TRAMA

La estructura de las tramas utilizadas en la **señalización inteligente** tiene como dominios de aplicación los estándares [ITU-T] de los protocolos orientados a bits [otros, son los protocolos orientados a caracteres, por ejemplo: BSC]. Los formatos y tipos de trama, el funcionamiento de los protocolos y las primitivas de servicio convergen en el entorno del protocolo de control de enlace - \* HDLC -, es decir, los modernos sistemas de telecomunicaciones implicados en la transmisión de datos en forma de paquetes, usan comúnmente protocolo de control de enlace de alto nivel en razón de que es una norma internacional estandarizada para los enlaces de datos punto a punto como multipunto en sistemas abiertos.

El protocolo HDLC controla los patrones de bits de origen y final de los bloques de mensajes. Como ya se explico, la sincronización es un factor fundamental en el extremo receptor o destino para detectar errores, flujo y secuencia de bits delimitados por patrones de bits llamados banderas o "flags"; en medio de esta estructura de datos van los datos que corresponden a los bits de verificación de errores ó "checksum, CRC...", la información de origen y destino de la partes de usuario que pretenden establecer un "enlace", toda la información que tiene que ver con la secuencia de los mensajes ó su retransmisión y los campos que contienen la información de señalización. son la esencia de los mensajes.

Es decir, evolutivamente, HDLC ha representado a la teoría de Darwin respecto a la conmutación por paquetes pues su *predominancia* es justamente debida a su *carácter mutante* entre protocolos. Por ejemplo el protocolo X.25 [1960 's] fue el primer protocolo que definió la conmutación de paquetes, pero, aún con esto es considerado como un subconjunto de HDLC. HDLC es generatriz de protocolos que *usan transmisión sincrónica*, no así para los modos de transferencia asincrónica como ATM que mantiene una estructura basado pequeñas celdas con lo que se consigue reducción importante de procesamiento en nodos e interfaces. Véase:

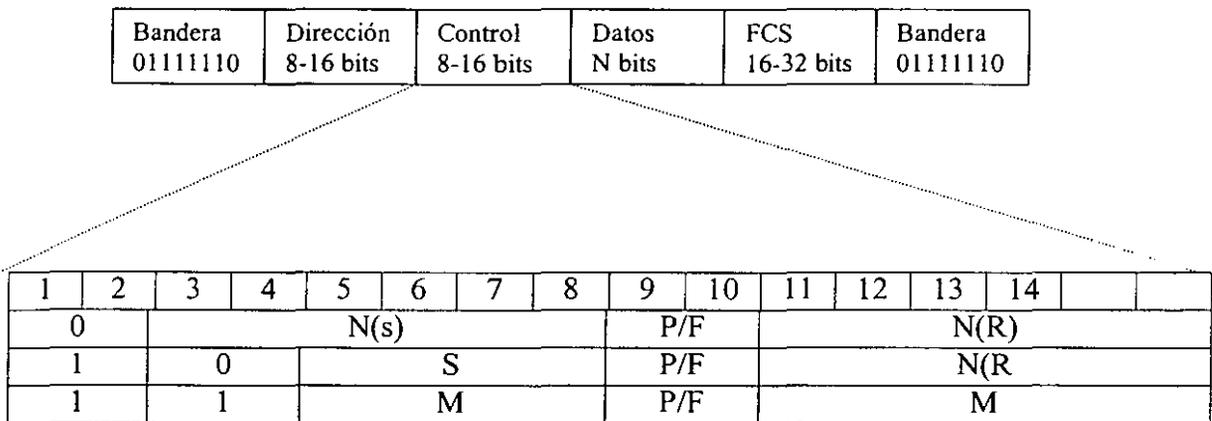
|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| SDLC [precursor de HDLC]              |   |
| ISO: HDLC                             | ANSI: ADCCP                                     |
| Protocolo orientado a bits            | Procedimiento avanzado de comunicación de datos |
| LAPB: X.25 acceso a enlace balanceado |   |
| LAPD: RDSI canal D acceso a canal D   |   |
| LAPM: MODEM acceso a modem            |   |
| LAPF: Frame Relay                     |   |
| LAPX: acceso XDSL                     |   |

Tabla 4.4

NOTA: LAP [Procedimiento de acceso al enlace], SDLC [Control de enlace síncrono], ADCCP [Procedimiento de control de enlace de comunicación avanzada]

La arquitectura de protocolos del SS # 7 son considerados con esencia digital. La capa MTP 2 que se encarga del tráfico entre partes de la red de señalización es muy similar a un tipo de trama del protocolo HDLC, de hecho se deriva de las especificación HDLC. La capa MTP 3 guarda , asimismo, cierta similitud con la capa 3 de RDSI y X.25 en lo que refiere a la gestión de rutas de los puntos de señalización. En realidad SSCP también forma parte de la capa de red y ofrece servicios tanto sin conexión como orientados a conexión, emplea un protocolo traductor de direcciones de número telefónicos a identificadores en Red Inteligente RI, por ejemplo en la validación de un servicio 800 o una tarjeta telefónica [telcard]. Contribuye notablemente en la explotación de servicios propios de una red inteligente.

Todos los protocolos orientados a bits - ver Tabla 4.4- utilizan la misma estructura de HDLC. Las Unidades de Señal del SSCC # 7 como MSU, FISU, LSSU no son la excepción.



- N(s): número de secuencia de envío de mensajes de información
- N(r): número de secuencia de recepción de mensajes de información
- S: bits de supervisión de función
- M: bits de monitoreo de función
- P/F: bit de "polling" en comando / bit final de respuesta

## CAPITULO 5 GENESIS Y EVOLUCION DE UNA RED INTELIGENTE

"Así pues, en síntesis, todo el saber del *homo sapiens* se desarrolla en la esfera de un *mundus intelligibilis* (de conceptos y concepciones mentales) que no es en modo alguno el *mundus sensibilis*, el mundo percibido por nuestros sentidos."  
Giovanni Sartori.

### 5.1 CONCEPTUALIZACION DE RED INTELIGENTE [RI]

En cierta forma, el capítulo pasado refiere la innovación del *sistema de señalización digital* que se implementó en las modernas redes de conmutación y transmisión por paquetes de datos. Deja indicios suficientes acerca de la descripción ó definición de la inteligencia aplicada a las redes de telecomunicación. Ahora bien, el significado que adquiere el término ó concepto: "**inteligencia**" está vinculado a la significación de "red", esto supone que la estructura **RI** ha heredado atributos significantes de partes del SC - *tal como el sistema inteligente de señalización-*, el lazo evolutivo "inteligencia-red" es indisoluble si se parte de las evidencias tecnológicas marcadas por la historia y el proceso de digitalización de redes. La relevancia es consistente ya que las **habilidades y destrezas** que ofrecen las "modernas redes" tiene que ver con el intercambio rápido e inteligente de información y de conocimiento entre usuarios y/o máquinas ó entre máquinas y máquinas.

Bastaría remitirnos a la *prueba de Turing* [Alan Turing- 1950] para reafirmar ó confirmar la intención definitoria del "concepto inteligencia" aplicable a una red ó lo que nos interesa para entender el concepto de **red inteligente**. Mediante la prueba de Turing se podría intentar ofrecer una satisfactoria definición operativa de lo que es la inteligencia e, inclusive, también, se podría profundizar en la significancia de las metodologías utilizadas en la inteligencia artificial pero esto no es la intención de esta tesis. No se excluye la posibilidad de que alguien pudiera realizarlo [confirmarlo] *aplicando simulación con técnicas de redes neuronales ó lógica difusa ó algoritmos genéticos* a la compleja problemática que ofrecen las redes de telecomunicaciones. Así, podría agregarse más conocimiento a la ingeniería de las telecomunicaciones.

De hecho, si la prueba fuera la única razón para suponer la existencia de máquinas inteligentes, las computadoras de una "red inteligente" deberían ser capaces de lo siguiente:

- Procesar en lenguaje natural para establecer una comunicación - interpretación de mensajes, indistintamente del lenguaje o dialecto usual de los usuarios -.

- Representar el conocimiento y guardar toda la información adquirida en bases de conocimientos con reglas específicas para la consulta y el aprendizaje
- Razonar automáticamente con el fin de utilizar en tiempo real la información guardada en las base de conocimiento o de datos para dar conclusiones inmediatas y predicción de daños.
- Autoaprendizaje de la máquina para que adapte nuevas circunstancias y sirva para detectar y extrapolar ciertos esquemas determinados a diversas configuraciones de red.

Indudablemente, estas capacidades inteligentes tienen una dinámica propia y "cierta inmadurez" que solo la experiencia podrá saldar. Los sistemas complejos evolucionan cargando sus propias respuestas. En la práctica, la tendencia de las tecnologías microelectrónicas [ VLSI, ASIC, etc.] y los sofisticados lenguajes de programación simbólica de alto nivel de abstracción nos llevaran a descubrir la frontera existente entre la realidad y la virtualidad. Para entonces, estos análisis tendrían que ser una exigencia lógica y contemporánea.

Es claro, conceptualmente la red inteligentes debe ser precisada con definiciones **funcionales, operativas** y hasta cronológicas que sean útiles en el procesamiento del conocimiento y, así, poder aportar entendimiento a las aplicaciones multiservicios que presta la RI. Esto, quiere decir, que *quién prácticamente va definiendo a las redes inteligentes [RI] son las condiciones del mercado de las telecomunicaciones, los estándares acerca de RI y los atributos clasificados como servicios avanzados*; baste mencionar que el "servicio 800" se implemento [en México y EU] mucho antes que la novedosa RI actual, y que, asimismo, evoluciono **operativa y funcionalmente** a partir del conocimiento existente que había de los equipos de conmutación electromecánicos, semiautomáticos y analógicos. La perspectiva natural es que estos iban a ser mejorados por los diseños digitales SPC predominantes y de alto desempeño. Esto mismo generó una tecnología común - *la tecnología IN y sus estándares*- articulada y cultivados por los imponentes proveedores de plataformas apropiadas para red inteligente [RI ó IN], tales como LM Ericsson [AXE-TMOS], Siemens [EWSD ], Nortel [5WSS]. De estas

circunstancias, precisamente, nace el camino de la estandarización de redes inteligentes en un entorno de plataforma de gestión TMN orientada a objetos [creación de servicios].

---

NOTA: En México, los servicios que hoy son inteligentes fueron implementados originalmente en diseños de LM Ericsson. La conversión de números reales a números lógicos se iniciaron en los equipos ARM y AKE un poco después de 1982

---

Así:

- Una correcta interpretación de la RI debe contemplar los avances en tecnología digital y la transmisión por fibras ópticas. Que, por cierto, permiten instrumentar velocidades de transmisión y de conmutación menores del orden de los microsegundos.
- También debe ser contemplado el paradigmático y vertiginoso desarrollo de la *programación orientada a objetos - OOP-*, muy utilizada en la plataformas de creación y gestión de servicios inteligentes avanzados.
- Asimismo, la cultivación y comprobada validación de diversas familias de protocolos de comunicación están implicados. La presencia de estos en la red de señalización se incrementará con aplicaciones futuras de telefonía móvil [Parte de aplicaciones móviles, MAP], televisión de alta definición HDTV, Internet, ATM y aplicaciones de comercio electrónico. Entonces se conformara otra concepción de RI. La familia TCP/IP se acentuara a partir de la explotación de la IPv6 en centros de investigación, universidades y usuarios corporativos. ¿La RI será un anacronismo de la Internet? ¿quién complementa a quién?
- E, indudablemente, una definición de RI debe agrupar específicamente, dado que es el alma de la propia RI: al Sistema de Señalización por Canal Común # 7.

*Considerando todo lo escrito una definición afortunada sería: Una RI es una red de subredes que mantiene una arquitectura de nodos con capacidad de "entendimiento" suficiente para interactuar en una plataforma flexible de telecomunicaciones que estando orientada a servicios cumple con las reglas propias de los protocolos de conmutación de paquetes de información en una infraestructura cliente/servidor para administrar y controlar servicios avanzados inteligentes en convergencia tecnológica. Es, en síntesis, una red autónoma.*

Otras visiones:

"Los tres elementos principales de la red inteligente son: una red troncal de mensajes que se basa en conmutadores de control de programa almacenado, en una red de señalización de canal común basada en los protocolos del sistema de señalización [SSCC #7] y un grupo de servicios inteligentes que se ofrecen en una troncal de mensajes que se proporcionan a través de la red de señalización" DSC Communications Co.

" Una red inteligente es una Red Telefónica de Conmutación Publica [RTPC ó PSTN] la cual contiene algunas modernas centrales telefónicas con *funciones especiales*. Estas funciones, interactúan para definir y crear servicios, además de administrarlos" Ericsson/Seminario 1993."

"La Red Inteligente es una plataforma de computo y telecomunicaciones que facilita la creación e introducción de nuevos servicios de valor agregado, orientados a satisfacer las demandas y expectativas del cliente en una forma rápida y flexible" Programa Maestro Integral 1998 / TELMEX.

Es claro que las definiciones convergen en elementos comunes:

- Una red que procesa servicios previamente validados.
- Una red de subredes de protocolos: RDSI, SSCC# 7, X.25, INAP, R2-MFC.
- Una red con plataforma de gestión de bases de datos.

## **5.2 GENESIS Y PROCESO DE EVOLUCION.**

El pensamiento tecnológico y científico del siglo XIX -1876- imaginó y fabricó el aparato telefónico que ayudo a descubrir lo que es un "circuito telefónico" y, casi simultáneamente, brotó la imagen de una "red telefónica", enseguida, en tiempos de la tecnología de la información que lleva a una sociedad de la transferencia del conocimiento y el imperio de los mercados del *chip*, la fibra óptica y la computadora conformaron una idea que era necesario explotar: "los servicios telefónicos". Este trilateral sencillo ha confinado la historia y la teoría de la evolución de las comunicaciones en tan solo 124 años.

Esta simplificación no es una incoherencia si se observa más allá de la figura concebida, y es que la complejidad de cada uno de sus elementos esta provocando que los expertos en la materia investiguen algoritmos mucho mas inteligentes que faciliten un



|                                     |                      |  |
|-------------------------------------|----------------------|--|
| 1970                                | No4 Crossbar Switch  | AT&T se dedica a desarrollar la INWATS. Es limitada la capacidad de enrutamiento que impide la validación de las direcciones destino y origen de los usuarios "A" y "B"  |
| 1976                                | CCIS<br>4ESS         | Las innovaciones de técnicas como SCP y PCM facilitan la aplicación de nuevos equipos de conmutación y señalización como 4ESS y CCIS [señalización por canal común entre centrales telefónicas] que explican el uso de conmutación por paquetes y el control de la señalización por medio de procesadores  |
| 1980<br>Bell Labs                   | CCIS<br>4ESS         | <i>Roy Weber propone que un nuevo elemento "network database" sea conectado a la red CCIS para el apropiado direccionamiento de los puntos de conexión.</i> Esta aplicación fue una mejor y eficiente implementación de INWATS. Inicia la consulta [queries] de base de datos del servicio 800 a partir del CCIS así, arranca la marcación de diez dígitos. No solo fue eficiente sino que permitió <i>usar el recurso de red de larga distancia para los grandes usuarios.</i>  |
| 25 abril<br>de 1982<br>Bell<br>Labs | CCIS<br>4ESS         | La FCC aprueba la tarifa para el Servicio 800 en una plataforma de propósitos generales e inicia el desarrollo de las <i>redes orientadas a los servicios.</i><br>La FCC acepta pero no regula las bases de datos centralizadas.   |
| 1984<br>Bellcore<br>Nortel<br>AT&T  | CCIS<br>DSDC<br>5ESS | En este año la corte de EU <u>aplica la ley antimonopolios</u> a la Bell System que provocó una compleja separación administrativa de los servicios realizados por el software de la central de conmutación de la red local y de los servicios implementados en la red de centrales de larga distancia regional. Asimismo, el equipo de trabajo de ingeniería que había desarrollado aplicaciones CCIS en la arquitectura DSDC se dividió para trabajar en la AT&T Bell Laboratories y la Bellcore [Bell Communications Research]. <u>Se engendro una dura batalla legal por los derechos y pertenencia de las bases de datos que contenían la información de los servicios 800 centralizados y, además, de las llamadas con tarjetas de crédito.</u><br>Bellcore inicio y aceleró la promoción del concepto de " <i>red inteligente IN" local</i> en colaboración con el proveedor de "Switch's" Northern Telecom [Nortel] bajo estrictas condiciones de la corte de EU. <i>Esto favoreció la migración de la lógica de los servicios y el control de los mismos a los puntos de control de servicios [PCS,SCP en inglés] enlazados por CCIS a la central de acceso al servicio [PAS,SSP].</i><br><b>Propiamente da inicio la "gestión de servicios"</b> a través de la capa OMAP y TCAP y, por lo tanto, la aplicación de plataformas de sistemas distribuidos de datos en una red conmutada de telefonía. |
| 1985<br>Bellcore                    |                      | Bellcore desarrolló especificaciones para la versión de IN2. IN1 se consideró el antecedente original con las especificaciones iniciales del servicio 800 y el uso de tarjetas.<br><u>La versión IN2 especifica el uso de la función "trigger"</u> la cual se define en el SSP con la idea de detectar y hacer peticiones de consulta de datos de servicio en el punto de control de servicio.   |
|                                     |                      |  |

|                  |  |  |
|------------------|--|--|
| 1991<br>Bellcore |  | Como principal resultado de las recomendaciones a la versión IN2, Bellcore adoptó la versión AIN 1.0 [Advanced Intelligent Network] como parte de un plan sumamente ambicioso que tuvo que desarrollarse por etapas; esto produjo las versiones AIN 0.0 y AIN 0.1. <i>La propuesta de una red inteligente internacional estaba dada.</i><br>Asimismo, AT&T y la British Telecom instalaron en España e Italia una red que soportara el servicio "freephone". |
| 1994             |  | Los servicios basados en redes inteligentes tendían a la independencia de la red de conmutación. Se instala en EU la versión AIN 0.1. La versión europea se denominó CS-1.   |
| 1997             |  | Se prevé la implantación de la versión AIN 0.2 con una versión europea CS-2.   |

### **5.3 UN CASO ESPECIAL: RED INTELIGENTE EN MEXICO**

El antecedente más remoto del proyecto de red inteligente en México debe asociarse, necesariamente, con tres aspectos:

- Evolución tecnológica de la red de conmutación y señalización
- Evolución topológicas de la red de larga distancia de Telmex
- Evolución e independencia de los servicios originalmente soportados por operadora en los servicios no automatizados.

A partir de 1973, Telmex inicio la revolución tecnológica en la infraestructura de la red telefónica nacional existente al migrar el tráfico telefónico elaborado en los equipos electromecánicos [AGF y ARF] a equipos con características semielectrónicas [AKE] de LM Ericsson. La red sufrió una lenta metamorfosis al pasar del control centralizado en marcadores de vías de enrutamiento y marcadores de control de cadenas programadas con reveladores; hacia la arquitectura de un sistema de control de programa almacenado SPC en CPU con carga distribuida en ocho procesadores digitales \*.

---

NOTA: LM Ericsson, principal proveedor, manufacturo sus equipos de conmutación en razón del tipo de tráfico manejado y por la técnica de conmutación utilizada en sus selectores de grupo o abonado.

AGF: tráfico local con selector electromecánico

ARF: tráfico local o tandem con selector de coordenadas

ARM: tráfico de larga distancia o tandem con selector de coordenadas

\* AKE: tráfico de larga distancia con selector de código

\*\*AXE: tráfico de larga distancia con selector espacio temporal de grupo y abonado.

---

La tragedia de 1985 desarticuló el sistema del esquema anterior, con lo que se interpretó que los sistemas de red con configuraciones centralizadas tenían que ser sustituidas por arquetipos de redes distribuidas. A partir de esto, se inició la reconfiguración de la red con un aditamento paradigmático: la *digitalización en sistemas transmisión como en sistemas de conmutación [Switch]*. Telmex adoptó la configuración de nodos redundantes y correlacionados. Se instala los sistemas AXE\*\*; opta por una arquitectura de nodos redundantes en sus equipos de transmisión como de conmutación en lo quedaba de la red de larga distancia nacional e internacional.

**Primera Etapa Evolutiva [1988 a 1993]**: La sinergia de las telecomunicaciones y la informática fue el preámbulo del proyecto de digitalización integral que impulsaría posteriormente la nueva administración a partir de 1990. La digitalización logró que los "servicios 800" pasaran de 431 a 4174 en el espacio de 1988 a 1991. Para 1993 existían ya 10 431 servicios 800 [Datos de la Subdirección de Ingeniería y Normas / 07 enero 1998].

Esto mismo creó varios problemas a la administración, ya que, siendo los centros automáticos de larga distancia [CALD] los encargados de convertir el "número 800" a un número físico asignado al cliente llamado, se incrementó repentinamente el tráfico y la congestión fue el problema central del momento ¿cómo resolverlo? ¿con parches? ¿con nueva tecnología? ¡o con innovación tecnológica! Lo trascendental: para el "servicio 800" a nivel técnico fue la saturación de las tablas estáticas de datos en la central que contenían el "numero del abonado B". Se agotaban los "número 800 y aún no se tenían servicios 800 regionalizados".

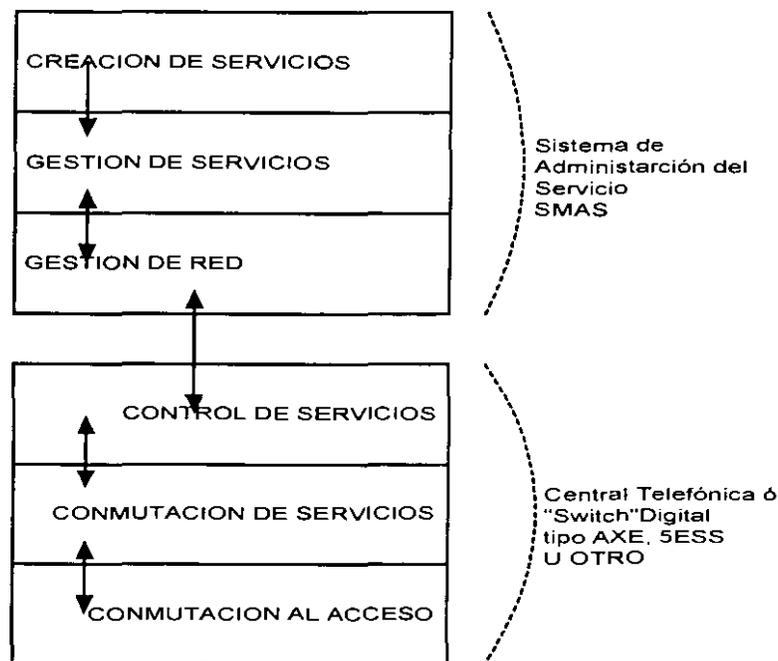
**Segunda Etapa Evolutiva [1993 a 1996]**: El propio mercado de los servicios avanzados y el reconocimiento de las limitaciones de años anteriores obligó a Telmex a modificar la topología de su red inteligente, para ello:

- Consideró la experiencia de MCI en EU acaecida en 1989 en donde, por carecer de un esquema de redundancia entre sus puntos de control de servicio [PCS] no pudo evitar la caída de los servicios y la integridad y consistencia de sus bases de datos. En consecuencia, creó un sistema apropiado de señalización # 7 que diera seguridad a las bases de datos que contenían la lógica de servicio.
- Consideró los estándares AIN 0.1 aceptados en EU para el ofrecimiento de los nuevos servicios 800 avanzados, VPN, Tarjeta de llamada Telcard, etc.

**Tercera Etapa Evolutiva [1995 a 2000]:** Esta es la etapa de mayor crecimiento de la Red Inteligente de Telmex. Se perfeccionó la plataforma de gestión y creación de servicios con manejadores de bases de datos relacionadas [DBMS] utilizando un servidor de aplicaciones HP 9000 que admite varias aplicaciones [Sybase, Ingres, SQL, UNIX]. Va constituyéndose un sistema de información distribuido que flexibiliza las transacciones, consultas y validación de servicios lógicos en las bases de datos de PDS y PCS.

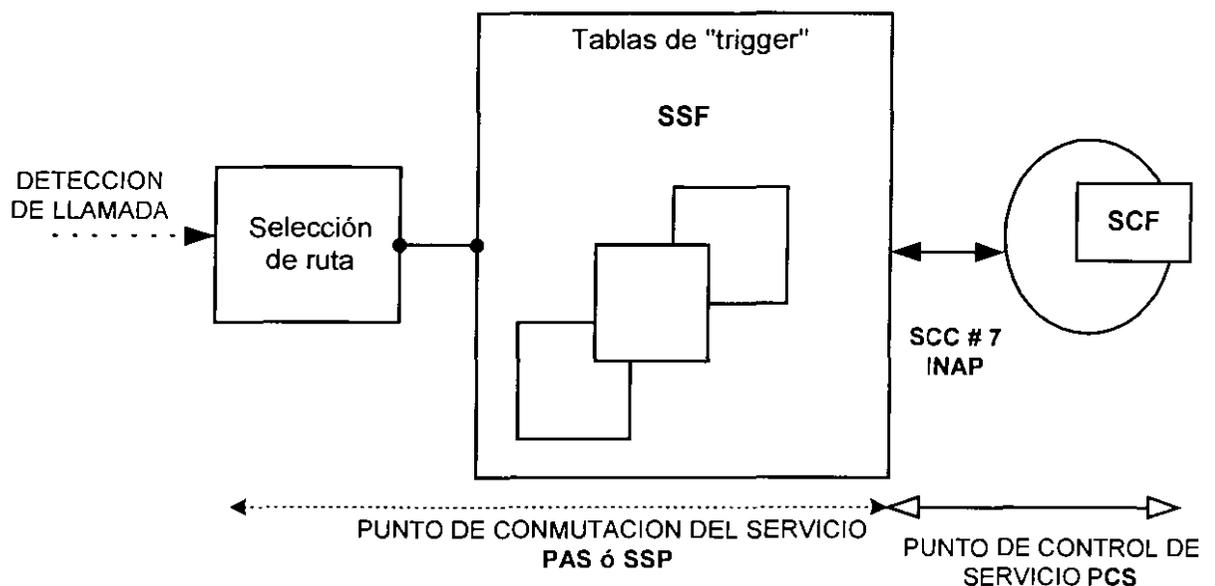
El desarrollo y crecimiento de la red inteligente en México se ha dado en función de la elasticidad que muestra la capa de aplicaciones de la arquitectura del SSCC # 7. Es decir, las partes de usuario DUP, TUP, ISUP, TCAP, MAP, OMAP están prácticamente implementadas pensando en los futuros multiservicios inteligentes que tendrán que explotarse cuando exista suficiente disponibilidad de ancho de banda en la red de transporte [backbone's] y en la red de acceso al usuario con interfaces BRI, PRI, xDSL y ATM-LAN.

Para entonces, en el futuro, la siguiente infraestructura de gestión y control de servicios habrá sufrido modificaciones considerables:



En el concepto de red inteligente IN convergen *causalmente* un desarrollo social como son los servicios, con dos tecnologías de alto desarrollo e investigación: A) la tecnología de sistemas de computo en forma de plataformas de aplicación de software orientados a objetos y la tecnología integradora de sistemas de transporte y conmutación de telecomunicaciones. B) un mercado tecnológico convergente y divergente [a la vez] ya que el problema de la teledensidad en México podría abatirse si los servicios de RI se orientaran a la cobertura no atendida por la telefonía básica \*.

En la creación de servicios se contemplan los enrutamientos soportados en el plano físico y lógicamente elaborados en el entorno de los sistemas de señalización y de transporte, Las funciones de conmutación y control de servicios actúan en forma correspondiente en las tablas de disparo.



\* El modelo de desarrollo económico adoptado no corresponde, en gran medida, a las necesidades de la población marginada que carece de servicios y oportunidades para su desarrollo. Para ello bastaría observar cifras acerca de teledensidad y desarrollo sociocultural de la OMC, OCDE, COFETEL e INEGI.

#### 5.4 ESTANDARES EN RED INTELIGENTE.

*Una red inteligente es aparentemente autónoma.*

Los nuevos *marcos reguladores* de servicios y el actual proceso de liberación de las telecomunicaciones parecen muy recientes, pero en realidad emergieron a partir del desmembramiento de la Bell Telephone en los EU en 1984; *este hecho ha provocado la idea de que los servicios de telecomunicaciones deben adaptarse a modelos de gestión orientados al mercado mismo y a su supuesta competencia.* Por esta razón, también, ha surgido la necesidad de edificar un nuevo tipo de red: La Red de Interconexión. Concebida para ser utilizada por varios operadores que pugnan por la explotación de los actuales servicios agregados de telecomunicaciones y los futuros servicios integrados moldeados en las partes de usuario TUP, ISUP, TCAP, MAP y ASE de la activa estructura RI. Los organismos internacionales OCDE, ANSI, ITU-T, ETSI, CEPT y Foros de discusión están instrumentando recomendaciones y reglas de cooperación que sirvan - estar al servicio de otro- para el diseño de estándares internacionales acerca de las redes inteligentes.

En realidad, los estándares en telecomunicaciones y servicios pueden ser un perfecto esquema de trabajo cooperativo. En este escenario la industria y los operadores de redes son los agentes económicos que impulsan y propagan los " puntos de interconexión" en forma de gateway y, por lo tanto, una futura red internacional inteligente avanzada AIN.

El marco de referencia utilizado para coordinar el desarrollo de estándares ó normas y las diversas recomendaciones es el modelo de interconexión de sistemas abiertos OSI. En específico para redes inteligentes se publicaron por la ITU-T en el conjunto o serie Q.1200

Tres elementos arquitectónicos de las redes inteligentes son considerados por las reglas o estándares que determinan su funcionalidad:

- Bloques funcionales contenidos en la plataforma de RI para creación de servicios independientes.
- Una lógica de separación de las funciones de conmutación, de servicio y de aplicación de los propios servicios.
- Una independencia de aplicaciones interactivas con los protocolos de comunicación de datos.

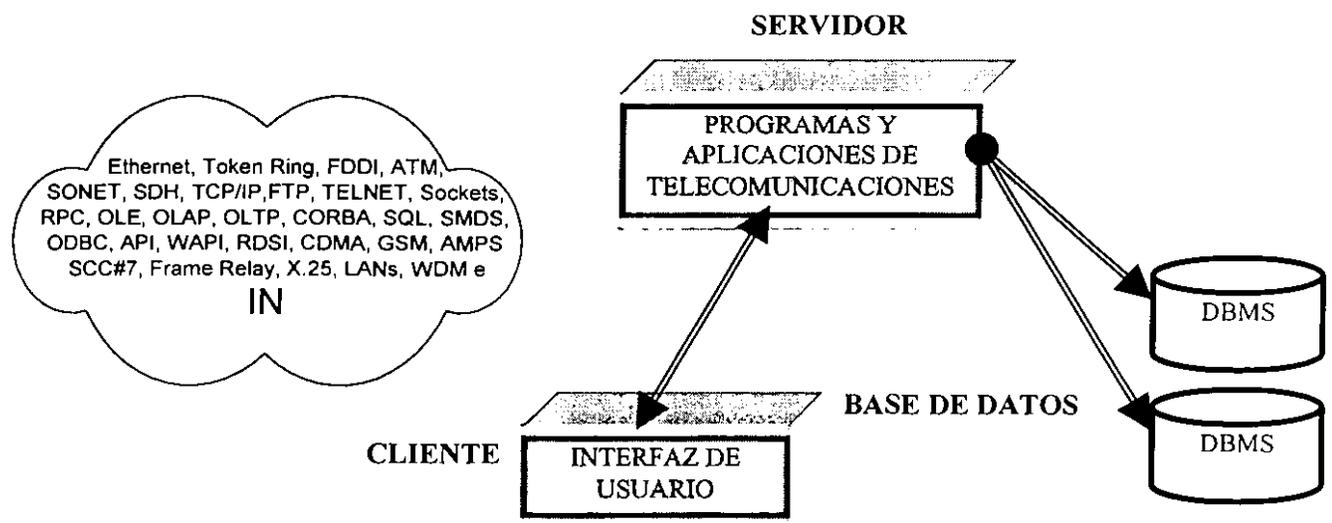
A partir de marzo de 1993, fecha en que se llevo a cabo la Conferencia de Estandarización de Telecomunicaciones Mundiales la ANSI de EU y la ETSI de Europa iniciaron trabajos contributivos para la elaboración y publicación, por parte de la ITU-T, de los estándares de RI [IN].

En la serie Q.12xy de ITU-T el dígito "y" representa el tipo de recomendación, mientras que el dígito "x" indica si la recomendación es general [en cuyo caso x=0] o si pertenece a un específico "conjunto ó arreglo de capacidades" [**Capability Set, CS** ], importante ubicación de un modelo híbrido de cinco capas que aprovechan el nivel TCAP ó TC del modelo SCC # 7 para normar las aplicaciones tecnológicas de los usuarios que se conectan a la red RI.

| CS<br>[Nota 1] | Año de inicio | Recomendaciones Q.12XY   |
|----------------|---------------|--|
| CS-1           | 1993          | Q.1200, Q.1201, Q.1202, Q.1203, Q.1204, Q.1205, Q.1208   |
| CS - 1R        | 1996          | Q.1210, Q.1211, Q.1213, Q.1214, Q.1215, Q.1218, Q.1219, Q.1290*  |
| CS - 2         | 1996          | Q.1220, Q.1221, Q.1222, Q.1223, Q.1224, Q.1225, Q.1228, Q.1229   |
| CS - 3         | 1996          | La tarea del grupo de trabajo CS-3 es desarrollar los protocolos de comunicación de datos que puedan soportar <b><i>B-RDSI, PCS [Wireless Personal Communications Services], Creación de Servicios, Servicios de Multimedia, TMN [Telecommunications Management Network]</i></b> . Sus trabajos están orientados al uso de aplicaciones de <b><i>Sistemas de Información Distribuidos</i></b> que den flexibilidad para la ubicación de las interfaz de usuario, los programas de aplicación y los accesos a las bases de datos.<br>En si, se propone desarrollar estándares para un modelo de plataforma de computo distribuido que facilite la interoperabilidad, la portabilidad e integración de los futuros estándares de servicios integrados. |

NOTA 1: Conjunto o arreglo de capacidades [Capability Set, CS]

De hecho, la tendencia es el uso y explotación de arquitecturas con tecnología **cliente/servidor**. Básico es que cliente ó usuario contenga interfaces mucho más inteligentes que puedan soportar servicios digitales integrados, para lograrlo, el administrador de la red conmutada que "presta su integridad" deberá adaptar o revolucionar su red de acceso primaria con tecnologías emergentes ADSL, ATM o SMDS y Fibra Optica que acceda con STM-1 al usuario. Asimismo, la plataforma de telecomunicaciones utilizada en la RI tendrá que "emular" con bloques funcionales de software el comportamiento de un servidor que cree, preste y gestione **servicios estandarizados**. La diagonal o "slash" que separa las palabras cliente y servidor corresponde al software llamado "middleware" que viene siendo el sistema nervioso de esta infraestructura C/S. Como se nota, los procesos de estandarización incluyen todo el panorama de la red inteligente. Figura 5.1



ESTANDARES UNIVERSALES Y ARQUITECTURA CLIENTE/SERVIDOR CON ADMINISTRACIÓN DE BASE DE DATOS U OBJETOS DISTRIBUIDOS DE UNA RED INTELIGENTE

### Recomendaciones Serie Q.1200:

| Recomendación   | Atributos  |
|---|--|
| Q.1200  | Explica la <i>estructura de las recomendaciones</i> el contorno de la serie Q.120x.  |
| Q.1201  | Describe la arquitectura de las redes inteligentes. <i>Presenta el modelo conceptual de IN el cual esta basado en cuatro planos:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plano de servicios</li> <li>▪ Plano Funcional Global GFP</li> <li>▪ Plano Funcional Distribuido DFP</li> <li>▪ Plano Físico</li> </ul> |
| Q.1202  | Describe la <i>arquitectura del plano de servicios</i> . El servicio prestado al usuario terminal. Describe los servicios a usuario a través de bloques genéricos llamados Servicios Característicos [Services Features].  |
| Q.1203  | Describe el Plano Global Funcional GFP. Introduce el concepto de Edificación de Servicios Independientes <b>SIB</b> , los cuales vienen a constituir a los Servicios Lógicos, Servicios de Datos y Servicios "script". Un servicio avanzado esta constituido por varios script.                                      |
| Q.1204  | Describe el DFP define la arquitectura de IN en términos de entidades funcionales FE. Los SIB son realizados en el DFP a través de FE. También define el <i>modelo de llamada básica BCSM en los cuales el concepto de disparador -triggering- es definido.</i>  |
| Q.1205  | Define el plano físico de la IN en términos de entidades físicas PE el cual constituye el equipamiento y las interconexiones de la IN  |
| Q.1208  | Describe la metodología para desarrollar el <i>Protocolo de Aplicaciones de Red Inteligente INAP basándose en el modelo OSI</i>  |
| Q.1210  | Proporciona el contorno completo de la series CS-1   |
| Q.1211  | Especifica el contenido de CS-1 y define los servicios y sus principales relaciones con la red   |
| Q.1213  | Especifica el GFP para CS-1 y SIB's  |
| Q.1214  | Especifica el DFP para definir las recomendaciones de CS-1 INAP  |
| Q.1215  | Especifica el plano físico y lista las PE y ubica las entidades funcionales FE como las complicadas interfaces.  |
| Q.1218  | Especificaciones del protocolo INAP para la capacidad requerida de CS-1  |
| Q.1219  | Da una guía para CS-1 y una sistemática descripción del escenario de servicios futuros como UPT [Universal Personal Telecommunications]  |
| Q.1290  | Glosario de términos de In, acrónimos y otras recomendaciones  |
| <i>Nota: La estructura para CS-2 es paralela a la de CS-1</i> |  |

## **5.5 ETAPAS DE DESARROLLO DE LOS SERVICIOS AGREGADOS**

El ciclo de vida de los *servicios agregados* [SA] creados en el sistema de creación de servicios lógicos, SCS, de RI transcurre tras varias etapas de desarrollo. Figura 5.2.

Desde la etapa creativa el servicio se constituye como un **entidad lógica** que esta circunscrita a la red inteligente. Pasa por un período de validación que el administrador de la red puede ver como una "solución de negocios rentables" , posteriormente, dada la estructura multinodal distribuida de la red en forma regional lo esparce y penetra en el mercado de los teleservicios de telecomunicaciones.

Según los requerimientos de los clientes y la tecnología desarrollada en el entorno de los sistemas telemáticos de la RI, los servicios agregados se van correlacionando con *"periféricos inteligentes, IP" que actúan tomando decisiones como agentes inteligentes percibiendo llamadas dirigidas y actuando al validar el servicio solicitado por los usuarios como si fuera un simple servicio conmutado. Esto, esta estimulando dos variables totalmente independientes dentro del proceso de desarrollo de los servicios agregados: el decaimiento y la reactivación de servicios.*

El avance inevitable de la "Tecnología de la Inteligencia" se esta convirtiendo en un eje emblemático de la consolidación del modelo de Red Digital de Servicios Integrados [RDSI] impulsado por la persistencia de las empresas telefónicas que invierten en función de un objetivo claro: la inversión en el sector de las telecomunicaciones es redituable y de alta rentabilidad, garantizado por un marco regulatorio adoptado ó adaptado.

En la Tesis "Telecomunicaciones Internacionales, Liberalización en México y el caso de la Televisión por Satélite" de Karin Hauser Askalani, 1998, ITAM. Textualmente se dice que: "la evolución primaria de las telecomunicaciones es en gran parte potenciada por los satélites, ya que estos tienen mucha relación con las posibilidades de posteriores desarrollos tecnológicos, financieros **y de servicios en general.** Desde finales de los setentas **se fue perfeccionando la información que se producía y se transportaba en redes de comunicacionales.** A partir de entonces esta "materia prima" desplaza a todos los tipos de información anterior y, con la ayuda de su enorme capacidad de almacenamiento, se convierte en una de las mejores vías económicas y políticas para "salir de la crisis". No solo eso, sino que a los grandes países industriales les parece que es la mejor manera de

ganar en una "guerra económica" , cuyas dimensiones abarcarían en adelante al **mercado-mundo**. En otras palabras, esta nueva "materia prima" parecía ofrecer una garantía de independencia nacional para el futuro.

Independientemente del contexto considerado y, en razón, de las coincidencias en cuanto a la información "materia prima" que navega por los sistemas de comunicación y de la importancia que adquieren los servicios y las nueva red paradigmática como es Internet [World Wide Web] *debe concluirse, que el futuro de la red inteligente IN, y los servicios agregados, como teleservicios, que pone en disponibilidad deben de perfeccionarse aún. Lograr esto, depende de dos variables inclusivas: a) La tecnología de la inteligencia, o en todo caso, la inteligencia de la tecnología aplicada y, b) La demanda creciente de servicios bajo un esquema de "conquista tecnológica" frente a una voluntad innovadora que reta a la escasa transferencia de tecnología proveniente en forma de "estándar".*

En resumen, para lograr la **consolidación** de la IN habría que explorar:

1. **Perfeccionamiento de la arquitectura de IN..** Optimizar el procesamiento en línea de transacciones y mejorar el análisis de datos para toma de decisiones del equipo de gestión de red.
2. Incremento redundante de nodos de conmutación [SSP] y nodos de control de servicio [SCP] para que facilite estas funciones de distribución de la IN. **a nivel local**. Y, además, nuevos nodos de control de conexiones y/o señalización SSCP.
3. Factibilidad de **descentralización del servicio** acercando los nodos de conmutación y control a la demanda del mercado para acrecentar la tan deseada cobertura
4. **Actualizar** operativa y funcionalmente las herramientas del sistema de gestión SMAS, incluyendo los administradores de base de datos DBMS. Advirtiendo la existencia de modelos ambiciosos de software middleware, como **CORBA**, que actúan como traductor de lenguajes de protocolos orientados a objetos.

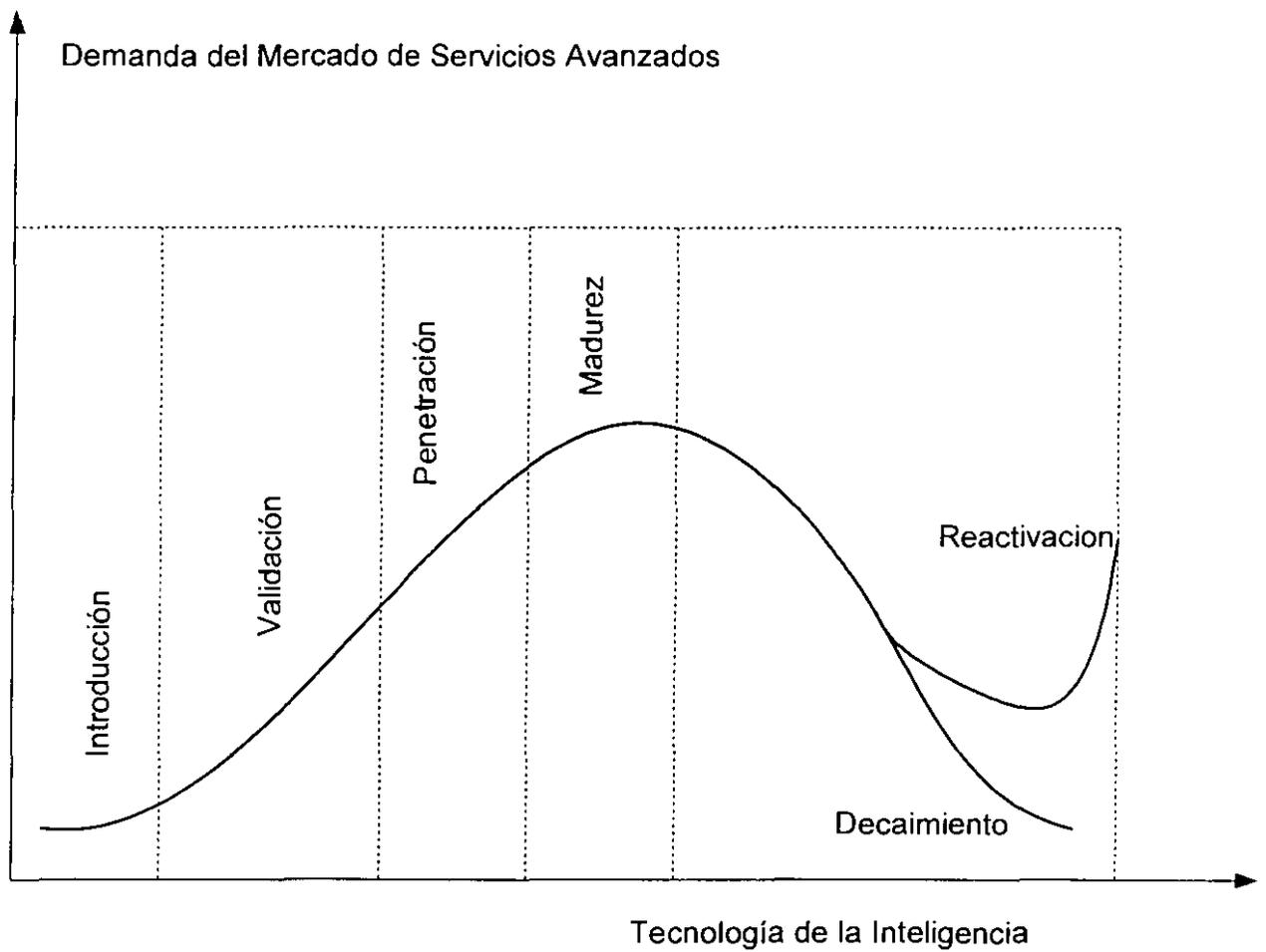


FIGURA 5.2: Vida y Muerte de los servicios de telecomunicaciones utilizando "tecnologías inteligentes"

## 5.6 CONFIGURACION DE UNA RED INTELIGENTE COMPLETA.

La configuración de la IN esta diseñada para ser una red orientada a los servicios. La red de señalización proporciona el "sistema nervioso" para el intercambio de señales de control y conmutación, e inclusive, en la interacción con usuarios que interactúan con los nodos llamados *periféricos inteligentes IP*. Esta "conversación" se efectúa por medio de marcación alfanumérica con el teclado interactivo DTMF, terminales de datos con software de aplicaciones gráficas ó estructuras de red local LAN a través de *Interfaces integradas hombre-red inteligente [aplica XDSL y B-RDSI con ATM]*. Figura 5.3

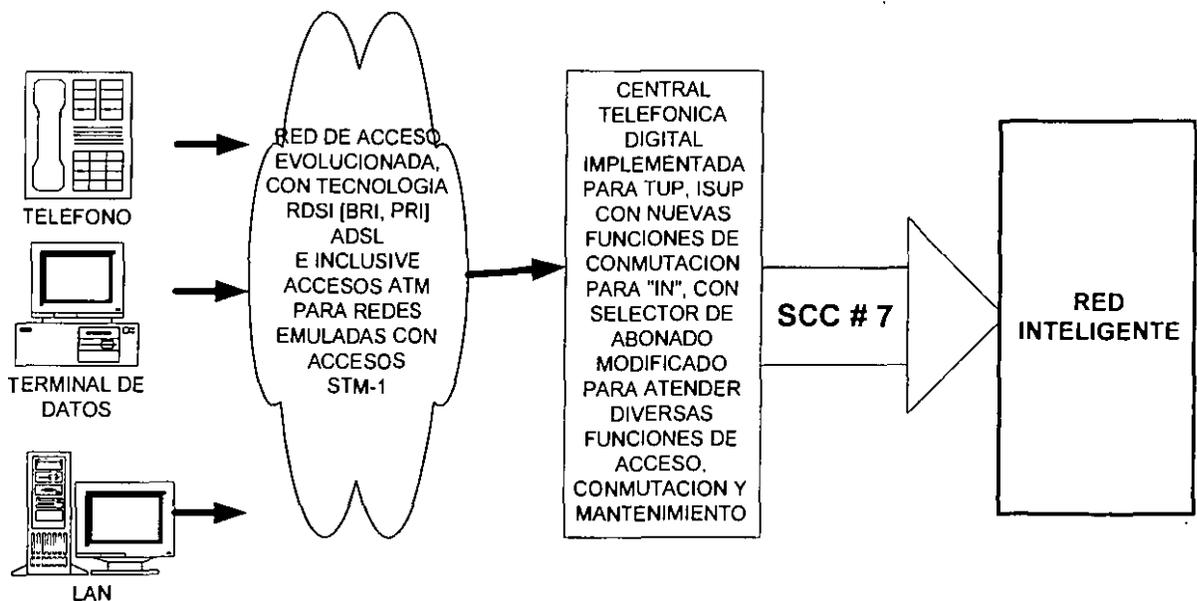


FIGURA 5.3

Genéricamente las RTPC están divididas en dos tipos de red que se autodefinen en función del tráfico que manejan - tráfico local y tráfico de larga distancia -. Por norma, todas las empresas telefónicas deben proyectar sus recursos físicos y lógicos en forma planificada, para ello, elaboran en forma autónoma sus planes fundamentales [Numeración, Señalización, Sincronización, Tarificación] que son aceptados ó regulados jerárquicamente, por una autoridad propia del sector de las telecomunicaciones, en este caso la COFETEL, que depende de la Secretaria de Comunicaciones y Transporte [SCT].

La central telefónica [Switch, en inglés] opera con bloques funcionales modulares elaborados con software propio del proveedor que, para el caso de larga distancia, Telmex homologó con equipos AXE [T.M. Ericsson] con sistemas de aplicación AS 28 o mayor. Para la red local y redes tandem ó tránsito, indistintamente la infraestructura se distribuyo con equipos de Nortel [DMS 200], Nortel [5ESS] y Alcatel [Sistema 1240].

Para todo caso, el software o programas de aplicación del sistema de conmutación debe estar constituido por elementos que otorguen alta disponibilidad y eficiencia:

|                          | Red Orientada a Conexión<br>Sistema "switch"= Switch +<br>Controlador de Switch | Red Orientada a<br>datagramas           |
|--------------------------|---|---|
| Conmutación por paquetes | Sistema futuro: Switch ATM<br>Innovación con ATM                                | Ruteador de Internet<br>Aplicará IP-ATM |
| Conmutación por circuito | Sistema actual de conmutación<br>telefónica TST                                 |   |

El sistema de control de tráfico [TCS] de la central permite al usuario interconexión de líneas digitales de 64 kbits/seg [N-RDSI] y conexiones conmutadas de trayectorias digitales de 30 ó mas canales para voz [B-RDSI] con su respectivo canal de señalización de datos empaquetados.

Para el acceso a los servicios de red inteligente IN es necesario especializar una central de larga distancia [o local, según sea la configuración deseada por la empresa telefónica] que simbolice un punto de acceso al servicio. [PAS,SSP]. Esta, central es

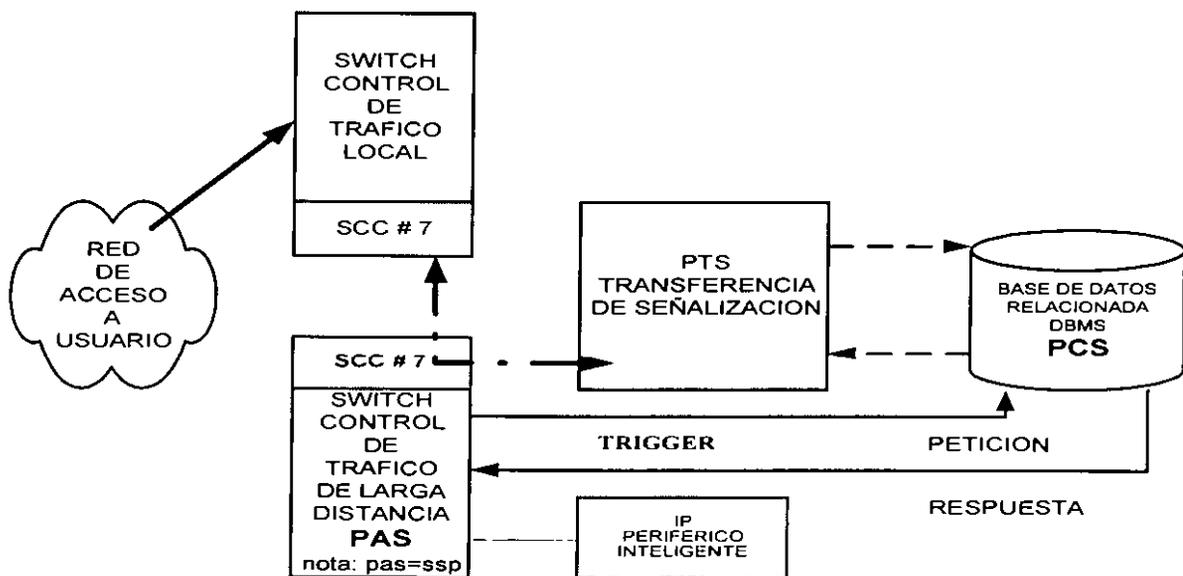


FIGURA 5.4

demasiado importante, ya que: recibe las solicitudes de acceso al servicio, transfiere los mensajes de señalización, controla las funciones de conmutación del servicio y contiene los periféricos inteligentes IP y señala hacia el punto de control del servicio para dar fe de la implementación de tablas de trigger [Trigger Table].

La versatilidad del sistema SCC # 7 da todas las facilidades para que estos **nodos de conmutación** puedan simultáneamente dar un servicio integrado: simultáneamente un usuario podría usar un canal de voz, uno ó mas de datos e inclusive vídeo. Indudablemente que el SCC # 7 tiene limitantes que operativamente son subsanadas por otros protocolos expertos en este tipo de convergencias. Tal es el caso del protocolo INAP [ Q.1208].

Los puntos de control del servicio PCS son las centrales especializadas de mayor importancia dentro de la red, ya que contienen la función SCF, la cual permite recibir de los PAS todos los datos de enrutamiento y conversión de "servicios 800" y el tratamiento de la llamada de diversos servicios así como la consulta de base de datos mediante una arquitectura cliente/servidor como la que se muestra:

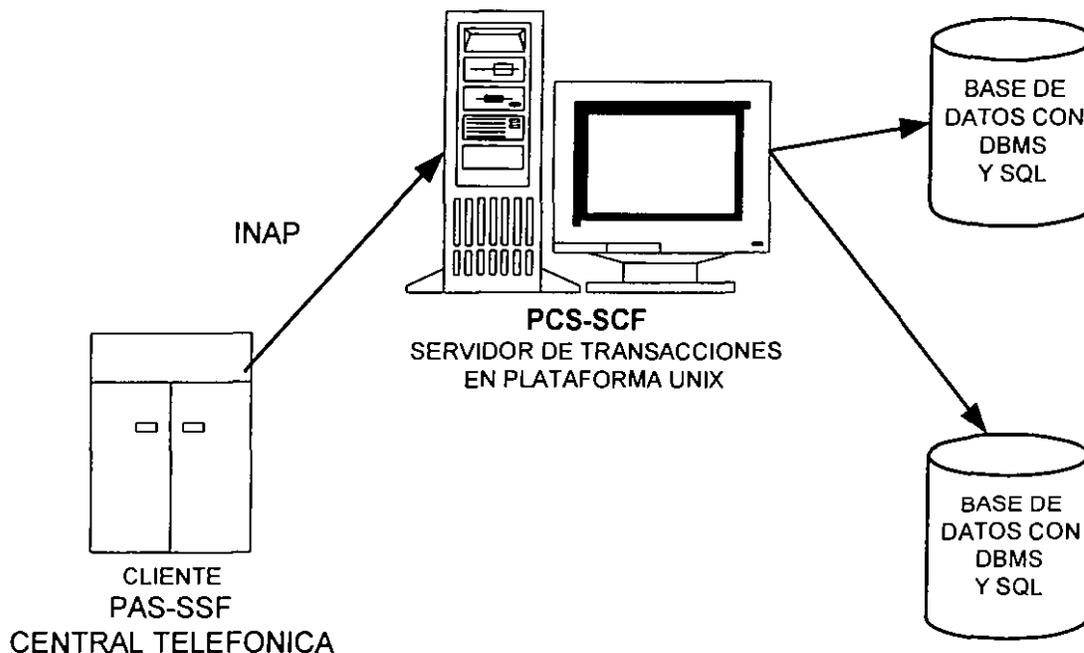


FIGURA 5.5. Sistema distribuido de información telefónica utilizando la arquitectura de RI.

El protocolo experto para aplicaciones de red inteligente INAP es propiamente una recomendación detallada para solicitar consultas [queries] a la base de datos del punto de control de servicios. Cuando el PAS detecta una llamada que requiere un servicio de red inteligente suspende momentáneamente el procesos normal de la comunicación, mientras tanto, se consultan la "trigger table" para invocar una consulta a PCS, este sistema *procesa la lógica del servicio solicitado y da continuidad o suspende el evento*. Los mensajes deben tener una estructura de datos de máximo 200 bytes u octetos en un enlace digital "link set" de 64 kbits/seg durante 25 milisegundos de retardo debido a la longitud del circuito . El

mensaje se arma para efectuar una transacción en la capa TCAP y SSCP y así, activar la capa de aplicaciones ó, dependiendo del usuario [ISUP, TUP, DUP] se inicia una secuencia de señalización para controlar la llamada inserta en un circuito conmutado que transfiere los datos empaquetados de origen y destino previamente predeterminados.

---

NOTA: Existen alrededor de 40 mensajes [ISUP] de control de llamada que se intercambian en la red de señalización SSSC # 7 pero, se utilizan básicamente seis como mensajes MSU; siendo diferentes para los casos en que se hace uso de la parte de conexión de señalización SSCP ó la parte de transacciones TCAP.

|     |                                |
|-----|--------------------------------|
| IAM | Mensaje inicial de dirección   |
| ACM | Mensaje completo de dirección  |
| ANM | Mensaje de respuesta           |
| REL | Mensaje de liberación          |
| RLC | Mensaje completo de liberación |
| COT | Mensaje de continuidad         |

---

El manejo de los disparos dependen del tipo de usuario, del tipo de mensajes y del tipo de prioridad asignado a cada caso, Tabla 5.1

**La función principal de los disparos es conservar la integridad de la base de datos del PCS;** no puede [ni deben] violarse las reglas de seguridad e integridad. Dependiendo del proveedor de DBMS [Sybase, Ingres, Oracle, etc.] la estructura siempre debe de proteger a las bases de datos de accesos indebidos o no autorizados. Además, la misión de control de autorización se elabora mediante tablas relacionadas. Como ejemplo ver la Tabla 5.2.

| PRIORIDAD | TIPO DE DISPARO      | TIPO DE MENSAJE |
|-----------|----------------------|-----------------|
| 1         | Abonado              | Evento          |
| 2         | Grupo de abonados    | Evento          |
| 3         | Jerarquía de central | Evento          |
| 4         | Abonado              | Notificación    |
| 5         | Grupo de abonados    | Notificación    |
| 6         | Jerarquía de central | Notificación    |

Tabla 5.2: ATRIBUTOS Y CONSULTAS ORIENTADAS A OBJETOS  
EN PCS

| USUARIOS     | TRIGGER 1 | TRIGGER 2 | TRIGGER 3 |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Servicio 800 | Todo      | Select    | Todo      |
| Antifraude   | Ninguno   | Ninguno   | Ninguno   |
| Televoto     | Select    | Update    | Select    |
| Tarjeta      | Select    | Select    | Select    |
| VPN          | Grant     | Select    | Todo      |

El atributo que distingue a los eventos estriba en su *complejidad interactiva*: dispara la consulta, ya sea para conversión de "servicios 800", análisis de casos de enrutamientos no considerados como datos propios [control de fraude], congestión, etc. En resumen: utiliza una lógica elaborada para cada uno de los servicios de IN. Da un lógico tratamiento a la llamada y exige una respuesta. *Un mensaje de notificación no espera, ni interrumpe el proceso de la llamada detectada, solo avisa al PCS.*

*En razón del avance tecnológico de las redes inteligentes se elaboran estructuras de detección de disparos [puntos de detección]. Y, en consecuencia hace imprescindible el entendimiento del funcionamiento lógico de los PCS e, inclusive, también obliga a buscar el conocimiento acerca de la teoría de "colas de espera "queue's", la que permite entender el uso de los algoritmos de bloqueo o serializadores en el control de concurrencia de consulta transacciones de paquetes.*

Un elemento que no aparece en la Figura 5.5 pero que es profusamente visitado por los mensajes originados desde DTMF es el periférico inteligente IP; Este IP puede ser una máquina de mensajes ó un sistema avanzado procesamiento de señales de voz.

---

NOTA: En Telmex se usan las dos opciones ASTV-TV [LM Ericsson] y Proyecto VOCALIS de reconocimiento de voz DSP [Digital Signal Process]

---

El IP es una máquina de mensajes digitales grabados en módulos de memoria EPROM y RAM. Tiene la capacidad de manejar 64 llamadas simultáneas e interactivas con DTMF. En memoria EPROM pueden pregrabarse cerca de 32 767 frases fijas que sirven para la elaboración de los mensajes interactivos. También, utiliza módulos de memoria SDRAM para almacenar frases de contenido variable, tal como es el caso de los anuncios " su llamada duro 9 minutos y 19 segundos..... le queda un crédito de \$ 199 pesos". Cada mensaje puede estar constituido por un máximo 32 frases. El mensaje puede

estar restringido para contestar al usuario DTMF ó puede conmutarse para acceder a un servicio avanzado de red inteligente que implique por ejemplo, el reconocimiento de voz del usuario. Figura 5.6. Para ello se interconecta con el SMAS de la plataforma de gestión de servicios. En el control de los mensajes configurados en el IP de la RI de Telmex se utiliza un procesador Motorola 68030.

*Por el reconocimiento de muestras digitalizadas de habla y el control digital interactivo de los servicios y mensaje inteligentes, además de la habilidad de ciertos órganos [como los IP] para manejar, reconocer, almacenar, valorar y distribuir el "conocimiento" hacen inocultable caracterizar la existencia de rasgos inteligentes en la red . En cierta forma, "se almacena conocimiento en una base de conocimientos, interactuantes en una interfaz de usuario- máquina".*

El reconocimiento de voz sigue las reglas de funcionamiento de la ley A y  $\mu$  en el codificador PCM sirve como soporte a la señalización digital y codifica los mensajes.

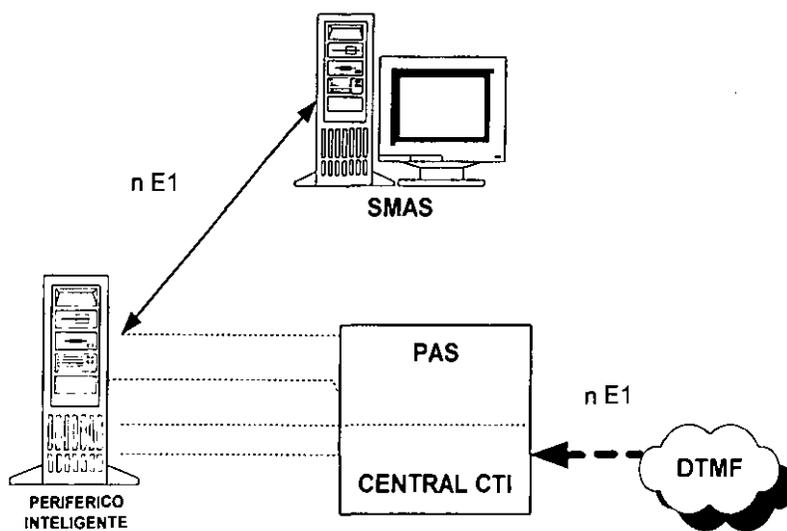


Figura 5.6: Operación de los periféricos inteligentes en la red inteligente

En la red inteligente la plataforma de gestión de redes de telecomunicaciones esta orientada a objetos y, al desempeño - performance -, a la supervisión, al monitoreo de la red y a funciones de operación y mantenimiento centralizados. Las especificaciones de

interfaz de gestión son publicadas por ITU-T, ETSI y ANSI, NM-FORUM y, en desarrollo de programas de investigación tales como **RACE**, **ACTS**, **MISA**, **MOON**, **PROSPECT**, **TRUMPET**, **WOTAN**, **ATM Pilot**.

---

NOTA: Iniciativas patrocinadas por EUROESCOM en el área de I&D, entre otras.  
 RACE: Reasearch and Development in Advanced Communications in Europa  
 ACTS: Advanced Communications Tecnologies and Services  
 WOTAn: Wavelength.agile Optical Transport and Acces Network

---

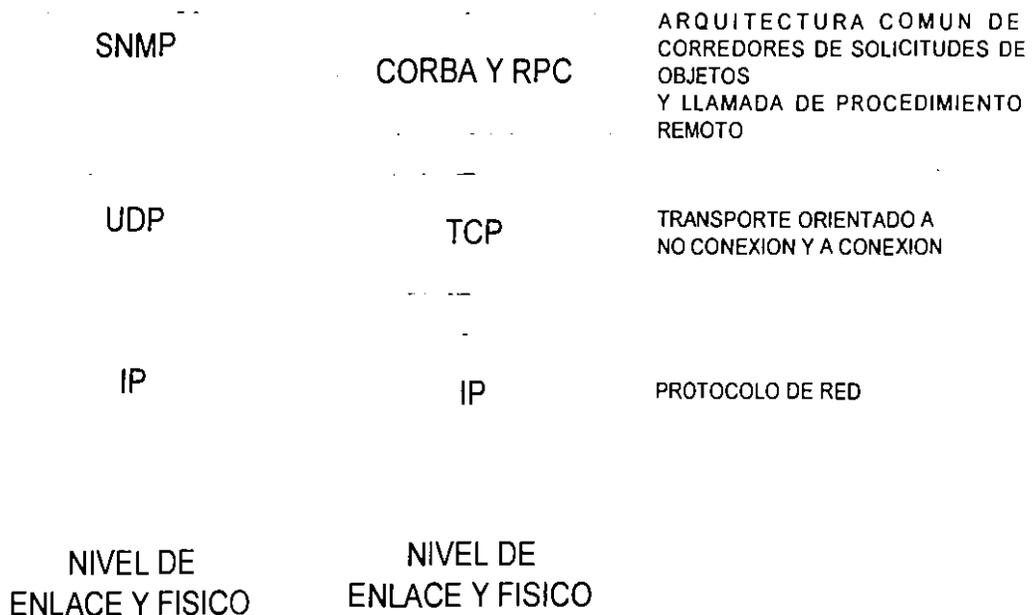
En 1985, como resultado de trabajos desarrollados acerca de redes de telecomunicaciones resulto la definición conceptual de TMN en la serie de recomendación M.3000 - en específico M.3010-, esta misma no es una recomendación completa porque existen algunos *elementos de la red* que aún no han sido estandarizadas.

Dos son, en realidad los estándares que soportan la gestión de redes digitales:

- **TMN designado para gestionar redes públicas de área amplia**
- **SNMP** protocolo de administración de redes designado principalmente para el manejo de ambientes LAN. En los intercambios de mensajes SNMP se emplea el protocolo de datagramas de usuario UDP orientado a no conexión. Tiene limitaciones que no comparte IN pero, es muy usado en aplicaciones de monitoreo "sniffers" de red de datos.

El paradigma de los sistemas de gestión distribuidos se relaciona con el modelo OSI según la figura 5.7

FIGURA 5.7: PROTOCOLOS DE GESTION DE RED



Para una explicación de la gestión de una red inteligente estructurada como una red corporativa que integra redes disímiles, tiene un gran influjo la recomendación TMN y, es que el uso de plataformas de administración abierta dan la capacidad de intercambiar información con todos los elementos de la red: PCS, PDS, IP, PTS, SCS, etc. Es evidente que la gestión del "sistema inteligente" es cada día mas compleja por operar en ambientes distribuidos y, por manejar información básica en un entorno de hardware heterogéneo.

## 5.7 SERVICIOS DE RED INTELIGENTE

La cantidad de servicios que puede ofrecer una red inteligente IN no están definidos plenamente por la serie Q.1200 ya que cada administración los aplica según su propia estructura y su visión del mercado. Pero, básicamente las versiones [Nota 1] CS-1 y CS-2 de IN contienen en las recomendaciones Q.1211 y Q.1221 todos los servicios genéricos de una red inteligente.

| CS-1 / Q.1211                  | CS-2 / Q.1221                     |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Llamada con tarjeta de crédito | Conferencias B-RDSI               |
| Freephone                      | Múltiples conexiones B-RDSI       |
| Televoto                       | Multi-casting en B-RDSI           |
| VPN                            | Gestión de información encriptada |
| Enrutamientos predefinido      | Callback automático               |
| Llamadas masivas               | Servicios por demanda             |
| Distribución de llamadas       | Servicios de red virtual global   |
| Número de acceso universal     | Servicios de multimedia           |
| Número de acceso universal     | Servicios de telefonía móvil      |

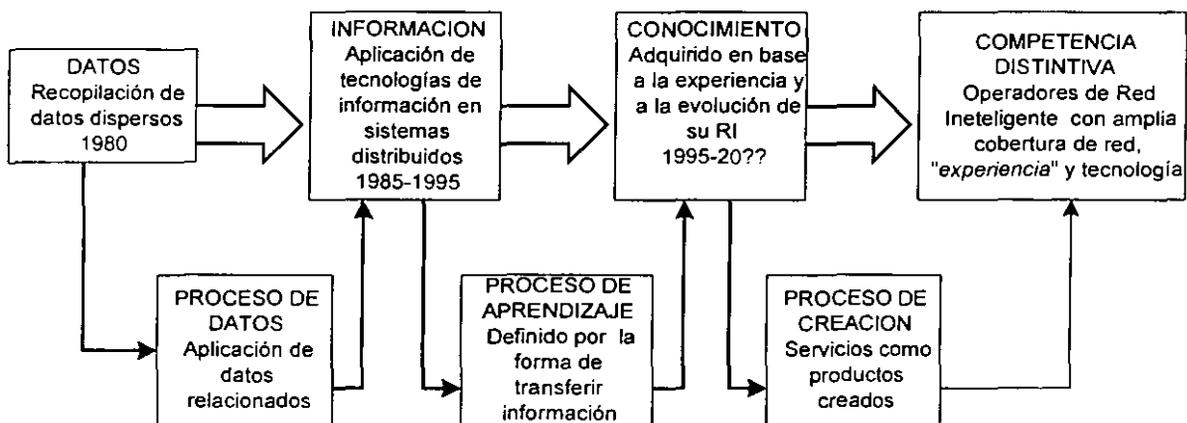
NOTA 1: Conjunto específico de arreglo de capacidades [Capability Set, CS] ITU-T IN, 1993

En México Telmex, Avantel, y Alestra aplican varios servicios avanzados de AIN en razón de su propia cobertura. Evidentemente Telmex es un "individuo" dominante que tiene una cobertura de cerca del 95 % del país y por lo cual es **más apto** por "*experiencia*" y *disponibilidad* de red y, por lo tanto, en la explotación de los servicios que fueron creados dentro de su sistema SMAS de la IN.

Como muestra se dan dos ejemplos de servicios que operan normalmente en el ambiente del mercado de las telecomunicaciones en México según CS-1/2.

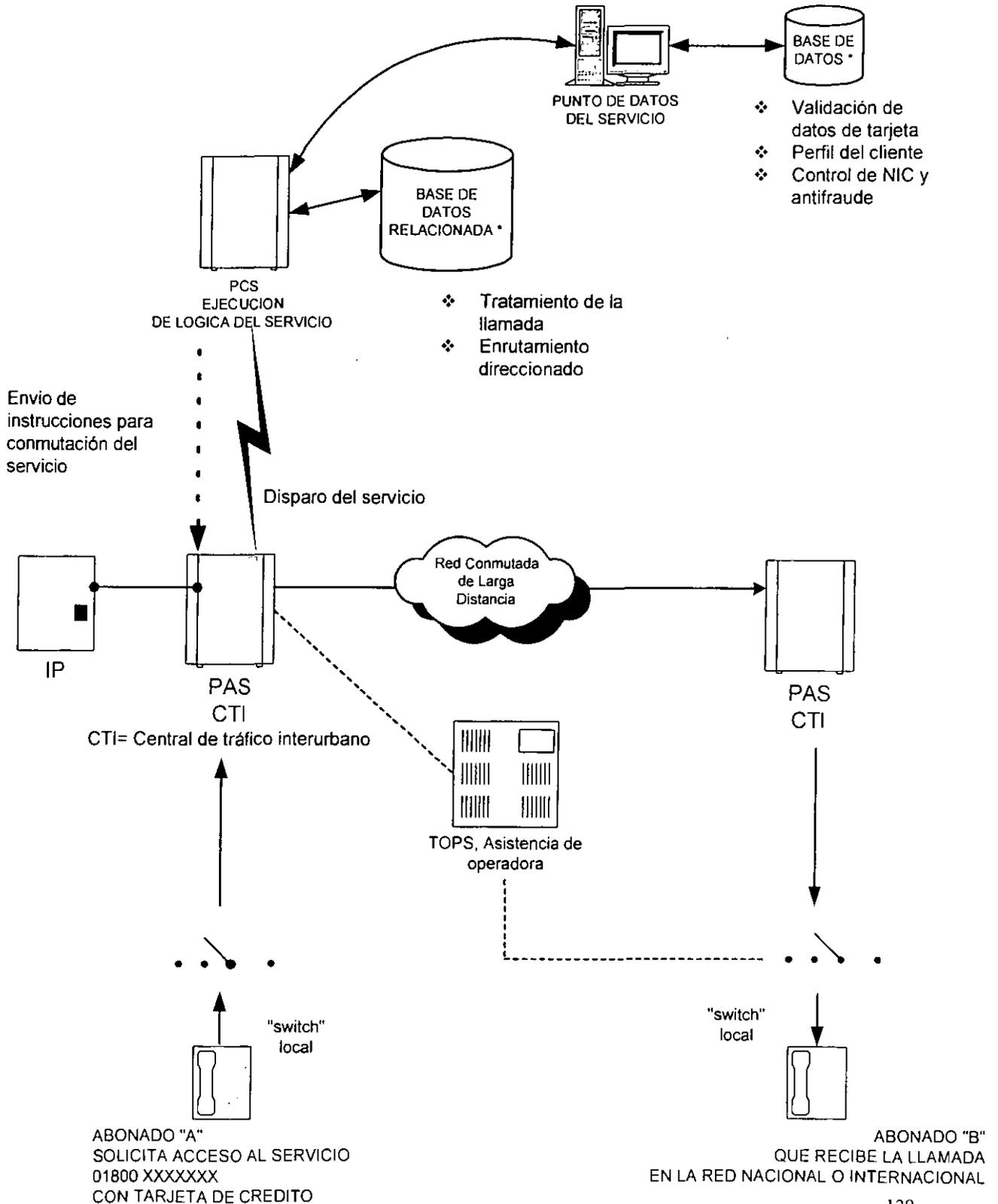
Nonaka y Takeouchi [1995] consideran la utilidad determinante que tiene la tecnología y el aprendizaje basado en la experiencia en la evolución de la gestión del conocimiento [Knowledge Management] en el procesamiento de la información en la Sociedad del Conocimiento [2000].

**"Transformar el dato en información y esta en conocimiento requiere de aplicaciones tecnológicas que estén a la mano en el mercado".**

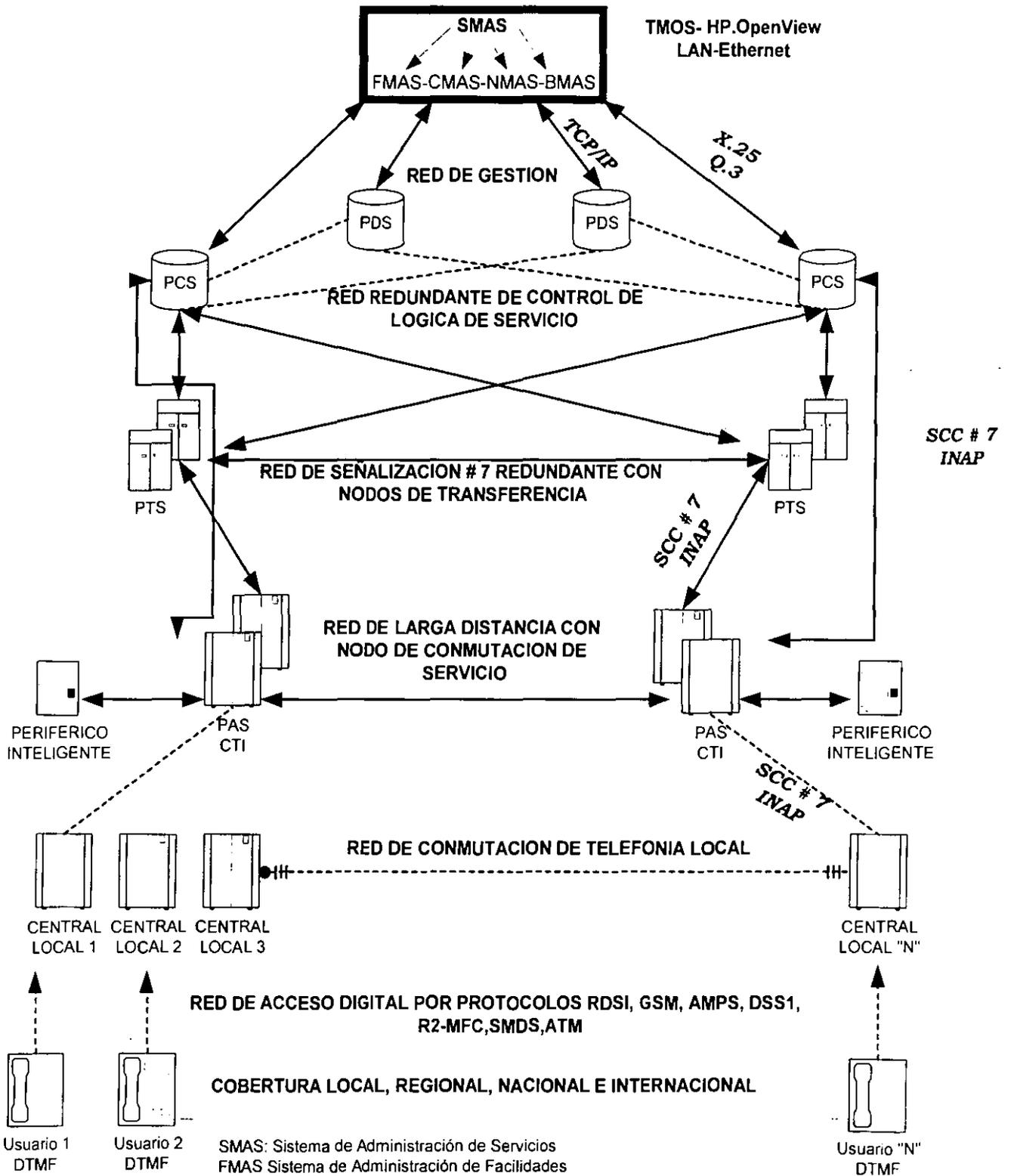


**EVOLUCION DE LA INTELIGENCIA DE RED  
EN BASE AL CONOCIMIENTO ADQUIRIDO CON TECNOLOGIAS**

# SERVICIO DE TARJETA DE CREDITO EN RED INTELIGENTE



# DE RED INTELIGENTE



- SMAS: Sistema de Administración de Servicios
- FMAS: Sistema de Administración de Facilidades
- NMAS: Sistema de Administración de Red
- CMAS: Sistema de Administración de Telefonía Móvil
- BMAS: Sistema de Administración de Negocios
- TMOS: Sistema de Administración de Telecomunicaciones y Soporte de Operaciones
- GSM: Sistema Global para Comunicaciones Móviles
- AMPS: Sistema de Telefonía Móvil Avanzado
- ADC: Acceso por Canal Digital
- DSS-1: Sistema de Señalización No.1 para Abonado Digital
- DTMF: Dual-Tone Multi-Frequency
- ATM: Modo de TRnsferencia Asíncrono

## CAPITULO 6 ACCESO RDSI-BA Y LA APLICACIÓN ISUP EN AIN<sup>1</sup> 1.0

"Este modelo es esclarecedor porque muestra que el mundo no lineal es holístico; es un mundo donde todo esta interconectado, así que siempre existe un orden sutil".

Espejo y Reflejo: Del Caos al Orden / J. Briggs y F.D. Peat

### 6.1 CONCEPTO, EVOLUCION DE RDSI-B Y ESTANDARES.

Los objetivos de RDSI-B cubre dos aspectos relevantes: a) Aplicar y explotar la infraestructura tecnológica heredada que dejó la RDI [Red Digital Integrada] y, b) Enfrentar el compromiso que obtuvo *la interfaz del usuario* para aprehender para sí la multiplicidad de servicios rentados ó conectados por el usuario con el compromiso de satisfacer simultaneidad en la operación con circuitos conmutados y de [ó de] paquetes. Y, también, poder aprovechar, también, la *conectividad digital localizada en la interfaz de acceso y de transporte* con los componentes ó elementos de red ya instalados [líneas, troncales, centrales ó Switch's] para explotar el amplísimo ancho banda de los "novedosos medios guiados y no guiados de transmisión" y mejorar la calidad del servicio de las señales incluyendo espectros de frecuencias ó ancho de banda través de conexiones de 64 kbits/seg hasta 155.52 Mbps. Ambas circunstancias son visualizadas por el usuario como calidad de servicio. Es algo semejante a como y con que se pide "accesar" la información a la memoria principal de las computadoras solo que en la red RDSI los accesos al destino final [usuario] son muy "delgados" para las señales "robustas" atribuidas a los servicios multimedia y servicios digitales inteligentes. Impídese, realmente, el libre intercambio de información y fluidez de conocimiento.

Formalmente la conmutación por circuitos o por paquetes y celdas utilizan las mismas técnicas digitales para transmisión de voz, datos y vídeo. La normalización de RDSI sigue evolucionando a partir de la primera generación de RDSI: RDSI de banda estrecha [RDSI-BE ó RDSI-N (narrow)] que se basa en el uso del canal B de 64 kbits/seg y múltiplos como unidad básica de conmutación orientada a la conmutación de circuitos POTS [servicio telefónico ordinario a la antigua]; la mayor contribución técnica de esta tecnología de RDSI-BE ha sido la Retransmisión de Tramas "Frame Relay". Asimismo, la segunda generación de RDSI, denominada RDSI de banda ancha [RDSI-BA ó RDSI-B (broad)] admite velocidades muy altas en "Megabits/Segundo" y esta orientada a la conmutación por paquetes o celdas. La mayor contribución técnica de la RDSI-BA ha sido

---

<sup>1</sup> Advanced intelligent network

el Modo de Transferencia Asíncrono ATM, técnica conocida como "Retransmisión de Celdas"

La distribución de los servicios integrados del SC se efectúan en el entorno de la interfaz de usuario- nodo de red.[UNI]; de hecho, la "evolución natural" de la RDSI conlleva ya la idea de selección y distribución del usuario final. Incluye la frontera física. Instrumentándose, por tanto, **nuevos protocolos** de señalización, como el **DSS1** que es una variante del SSCC#7, para que se procesen mensajes punto a punto y/o punto multipunto en los contornos del usuario en una red física y lógica llamada RDSI. Para su funcionamiento eficaz se esta agregando mas inteligencia a las interfaz UNI usando microprocesadores tanto en unidades remotas de línea URL como en los sistemas PBX que instala el usuario en su local para poder multiplexar VVD; con esto se implanta una mayor complejidad de la red por lo que el operador requiere modificar todos los aspectos operativos y funcionales como las funciones de mantenimiento y de gestión de red. El uso de la inteligencia en la interfaz usuario-red sugiere mas eficacia en la interconectividad de usuarios ó redes heterogéneas y un mejor entendimiento entre el usuario y las máquinas [Switch, PBX, equipo terminal, etc.] al usar los protocolos digitales implementados en la interfaz red-red [NNI], [SCC # 7, R2-MFC, TCP/IP, CDMA u otros.].

---

NOTA: El procesamiento digital realizado en la interfaz usuario-red, incluye a los bloques de software implementados en la central digital y las modificaciones de sus propios subsistemas: de transmisión de datos, de selector de abonado, de red inteligente, de señalización y enlace y control de abonados RDSI.

---

Modificándose los atributos de la interfaz de usuario, tales como umbrales de voltaje y corriente y tipo de conectores. También, el transporte de los *protocolos de comunicación para la señalización de abonado* esta sufriendo cambios radicales al ir mutando los accesos analógicos a accesos digitales u ópticos. Los sistemas **xDSL**, **PON's** [Passive Optic Network , para accesos STM-1 a las terminales de servidores de red ó simples PC's por ejemplo], FDDI, FTTC, FTTH, FTTH están contribuyendo a la afirmación de esta tendencia. Pues, sucede que los operadores de SC persisten en búsquedas redituables para explotar o aprovechar ancho de banda convenido por demanda en lugar de la renta de un ancho de banda de valor fijo. Esto, indudablemente, favorece los costos de operación y mantenimiento de la red primaria [y secundaria] de transmisión. Se pasa de las aplicaciones de modo banda base, - en el cual, para alimentar un solo camino (canal) de transmisión con alta tasa de bits, se utiliza todo el ancho de banda -; al modo de

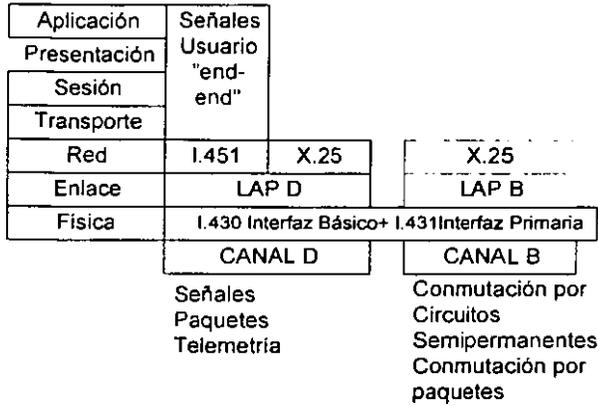
banda ancha, en el cual, para alimentar varios subcanales, y por lo tanto varios caminos de transmisión de menor ancho de banda, se divide el ancho de banda disponible a través de las técnicas de multiplexión TDM síncrona [de ciclo fijo] y STDM asíncrona [multiplexores estadísticos que "muestran" digitalmente la demanda de los canales].

En el amplio y profundo escenario de las telecomunicaciones digitales la revolución tecnológica sigue impulsando y cumpliendo un papel estandarizador. Es, a partir de 1968 cuando la CCITT asignó al Grupo **D** de Estudios Especiales la misión de observar como se proyectaban los planes de digitalización de los sistemas de comunicación e inclusive todos los aspectos relacionados con las redes digitales integradas RDI y la integración de los servicios suplementarios, agregados y teleservicios. Como resultado de discusiones y trabajos cooperativos en 1988 se publicaron las **Recomendaciones Serie I.100**, las cuales contienen los aspectos generales de RDSI, la estructura de las propias recomendaciones, la terminología de las mismas así como las características que definen a las interfaces de usuario-red y red-red. A partir de 1989 varios grupos de estudio de la CCITT se abocaron al estudio de lo que serían las recomendaciones para RDSI-BA

En el nivel físico y de enlace del modelo de referencia OSI se describen las interfaz física RDSI-BA y/o RDSI-BE y además los protocolos de acceso al enlace LAP-B y LAP-D en modo de conmutación por circuito y/o por paquetes. La RDSI-BA puede operar tanto en la red de transporte como en la red acceso residencial de banda ancha, normalmente esta diseñada para operar en redes de área amplia WAM o MAN privadas o públicas; también, pueden combinar las características de velocidad de la conmutación por circuitos ó el uso de los circuitos virtuales y la señalización por canal común fuera de banda ó DSS1 [Digital Speech Subscriber]. Lo anteriormente señalado muestra la complejidad y multiplicidad de elementos que están involucrados y, por lo tanto, simbioticamente regulados por las recomendaciones y, todos los ajustes que se requieren en la justificación de estos estándares de la **Serie I.100**.

La figura 6.1 sintetiza la trilogía que proyecta la existencia de la tecnología RDSI: Estándares de acceso- Evolución tecnológica-Sincronización de red.

**MODELO DE REFERENCIA OSI**



**RECOMENDACIONES I.100**

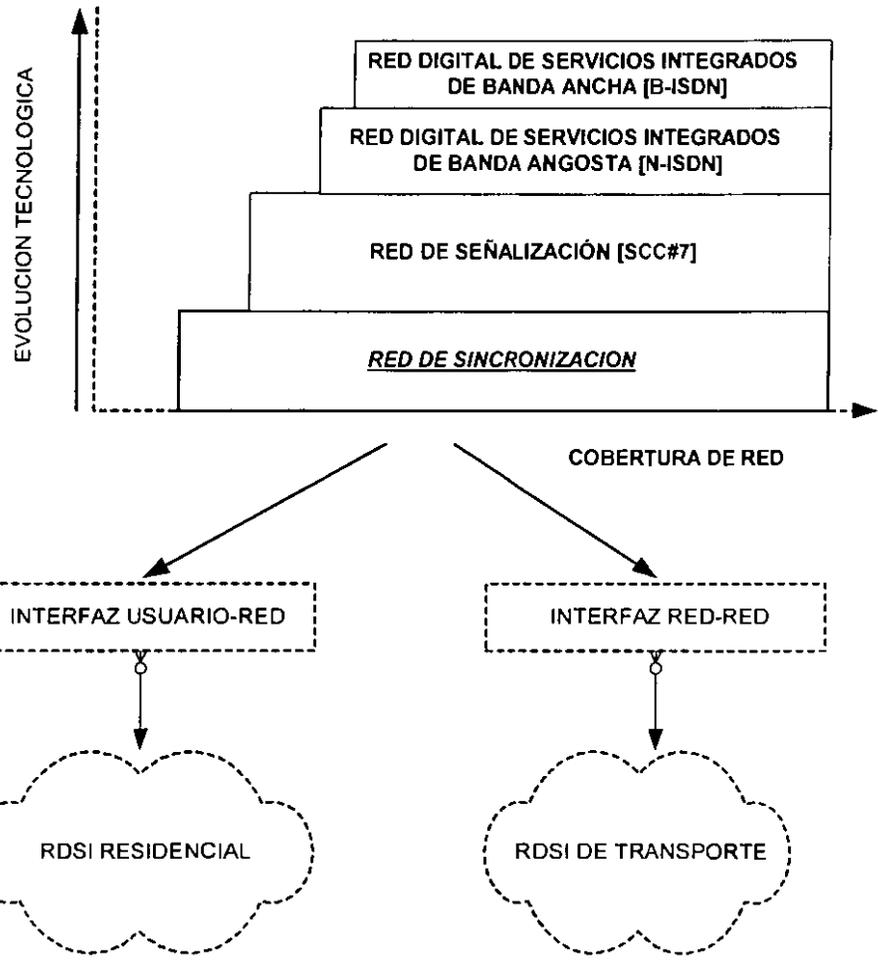
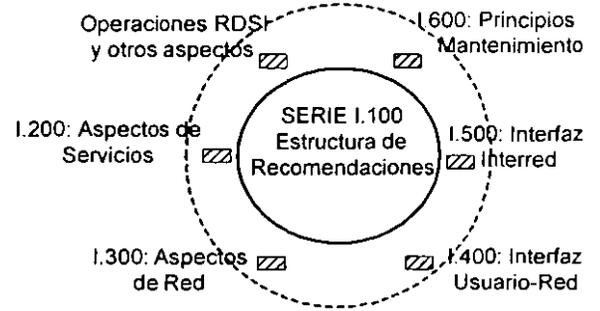


FIGURA 6.1

## 6.2 TECNOLOGIA Y RED DE ACCESO RDSI

Con el despliegue de la computadora y su aplicación en los sistemas telefónicos se ha logrado prácticamente automatizar la señalización y el funcionamiento de las interfaces red-red NNI [nodo-nodo] y nodo red-usuario UNI. Es decir, lo que ha sucedido en la central digital de conmutación de circuitos telefónicos se ha reflejado en la interfaz con el usuario e inclusive en los enlaces que subyacen entre nodos de conmutación.

Conforme ha evolucionado la tecnología RDSI las redes de acceso residencial y de transporte han tenido que modificar su capacidad para transmitir más información en menos tiempo y con mayor calidad.

Y, aunque la red telefónica fue concebida para transmitir señales auditivas de un ancho de banda "cobrizo" de 300 a 3400 hz; rango calculado según consideraciones anatómicas del oído que actúa como un filtro pasobajas para detectar, descifrar y restringir los "umbrales de audición" menores de 20 hz y mayores de 3600 hz. [La Física del Sonido Musical Jess. J. Josephs, Van Nostrand.]. Débese notar la vigencia e integración de señales de vídeo y datos en uno o varios canales de audio al usar la tecnología integradora RDSI a través de ese medio u otro no guiado. Véase la siguiente Figura 6.2

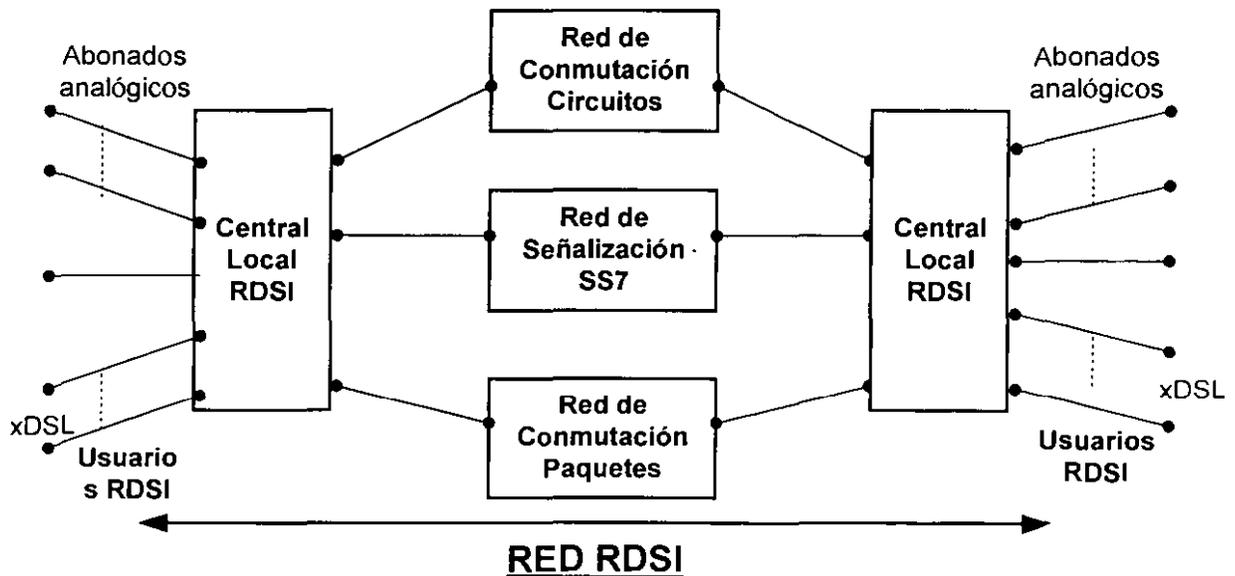


Figura 6.2

Los modos de señalización establecidos en la interfaz UNI y NNI (en la red de acceso y red de transporte) están implícitamente considerados en la figura 6.2. Los usuarios establecen y liberan sus llamadas coordinadamente con los registros de las centrales digitales RDSI. Normalmente el proveedor de "Switch" o equipo de conmutación controlado por programas almacenados en memoria [técnica SCP] están organizados en forma modular; para el tipo de usuarios RDSI las funciones de control y conmutación están separadas como subsistemas ó módulos independientes.

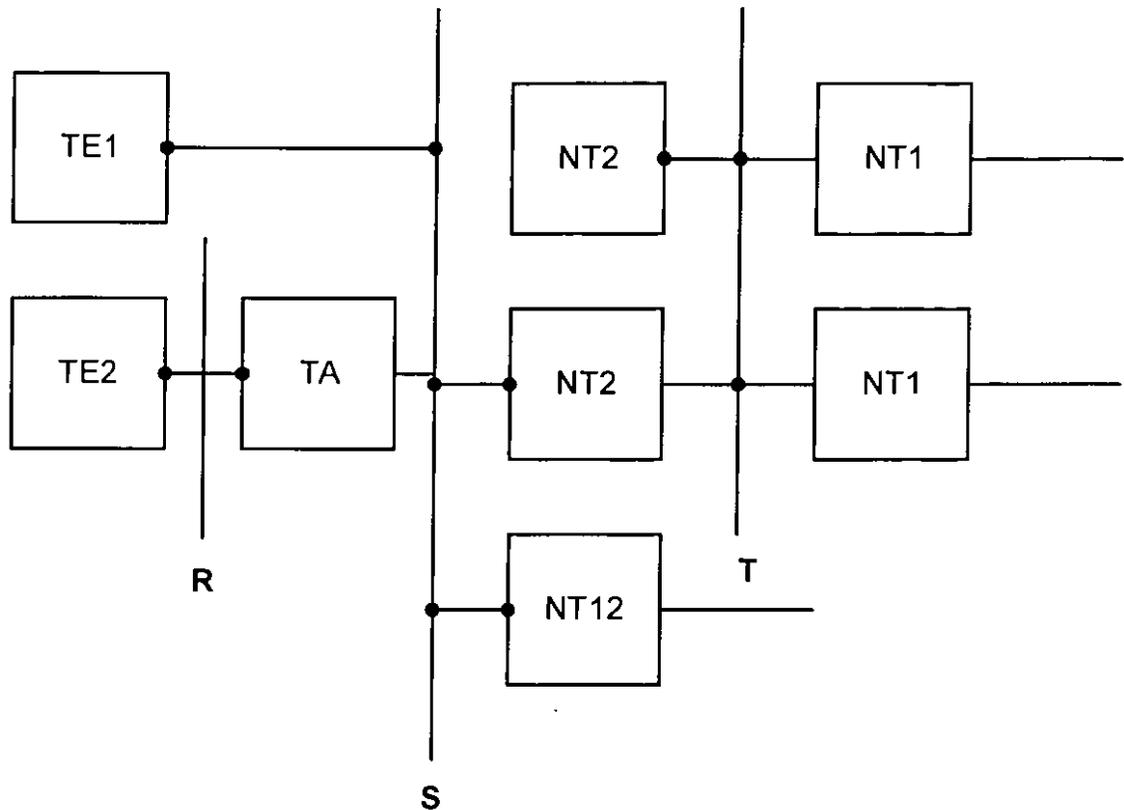
En cuanto a los servicios RDSI, puede concluirse que quedan integrados tanto en la red de acceso como en la red de transporte, es decir, la integración de servicios de voz, datos y video utilizan señalización y anchos de banda en ambos espacios. Los servicios de banda ancha residencial quedan determinados por las diferentes configuraciones de acceso RDSI, las cuales, hacen referencia a grupos de canales tipo **B**, **D** y **H**. Toca mencionar que las interfaces entre usuarios, red ó nodos quedan descritos en la Figura 6.3.

Asimismo, queda definido que la red virtual de información conmuta datos o bloques de datos por medio de tramas que contienen la información origen y destino de los usuarios, además de un sistema de control de flujo y errores en los niveles 1,2 y 3 del modelo OSI. Todo en base al protocolo de control de enlace HDLC [LAP-D].

Los accesos de usuarios RDSI se agrupan según las funciones de los equipos conectados a la red separados por medio de puntos de referencia. **Tabla 6.1**

| Punto de Referencia<br>Grupo Funcional | Funciones  |
|--|--|
| NT1                                    | Terminador de red asociado a la capa física de OSI con funciones eléctricas. Realiza funciones de mantenimiento de línea, soporta canales múltiples 2B+D Frontera que aísla al usuario del sistema de transmisión. |
| NT2                                    | Terminador de red con dispositivo inteligente que realiza funciones de concentración y conmutación. Uso de multiplexores inversos con TDM síncrona. Funciones OSI hasta el nivel 3. Conecta PBX digital ó LAN.     |
| NT12                                   | Terminador de red que combina funciones de NT1 Y NT2. Aquí se conecta los RDSI-PBX que funciona como una central pequeña. Las funciones de red del nivel 3 de OSI se comparten entre NT1 y NT2.                    |
| TE1                                    | Equipo terminal que soporta la interfaz RDSI normalizada como teléfonos digitales, terminales de voz y datos integrados ó fax digital.   |
| TE2                                    | Equipo terminal analógico que para conectarse a RDSI tiene que hacerlo a través de un adaptador de terminal para interfaces RS-232 ó X.25  |
| R                                      | Punto de referencia "rate" para interfaz no compatible con RDSI, este punto normaliza las interfaces RS-232 ó EIA-232-E  |
| S                                      | Punto de referencia "sistema" que individualiza las interfaces de terminales   |
| T                                      | Punto de referencia "terminal" separa al proveedor de red del usuario  |

**FIGURA 6.3: INTERFAZ RDSI Y PUNTOS DE REFERENCIA RDSI, MAS GRUPOS FUNCIONALES**



Este tipo de interfaz RDSI es sumamente parecido al modelo topológico de la tecnología ATM. Las accesos residenciales tienen que ver con la forma de gestionar el circuito de usuario, con la modulación y/o codificación utilizada pero, sobretodo, por el tipo de medio utilizado: fibra óptica FO, cable coaxial CC, par trenzado UTP o sistema inalámbrico. Las aplicaciones de multimedia y transferencia ó recepción de datos a alta velocidad exige soluciones híbridas de FO + CC, FO + UTP ó Cobre + FO. Además, los accesos básicos y primarios de RDSI obligan al uso de *multiplexores digitales inversos* que puedan mandar a los enlace ó líneas digitales paquetes ó tramas de información bajo el influjo de la técnica de modulación TDM síncrona - de ciclo fijo- ó TDM asíncrona - de ciclo por demanda de ancho de banda. Todo bajo las consideraciones ó combinaciones de canales B, D ó H. La tabla 6.3 muestra las características de los canales utilizados en la tecnología RDSI de banda ancha y banda angosta.

EJEMPLOS DE CONFIGURACIÓN DE PUNTOS DE REFERENCIA

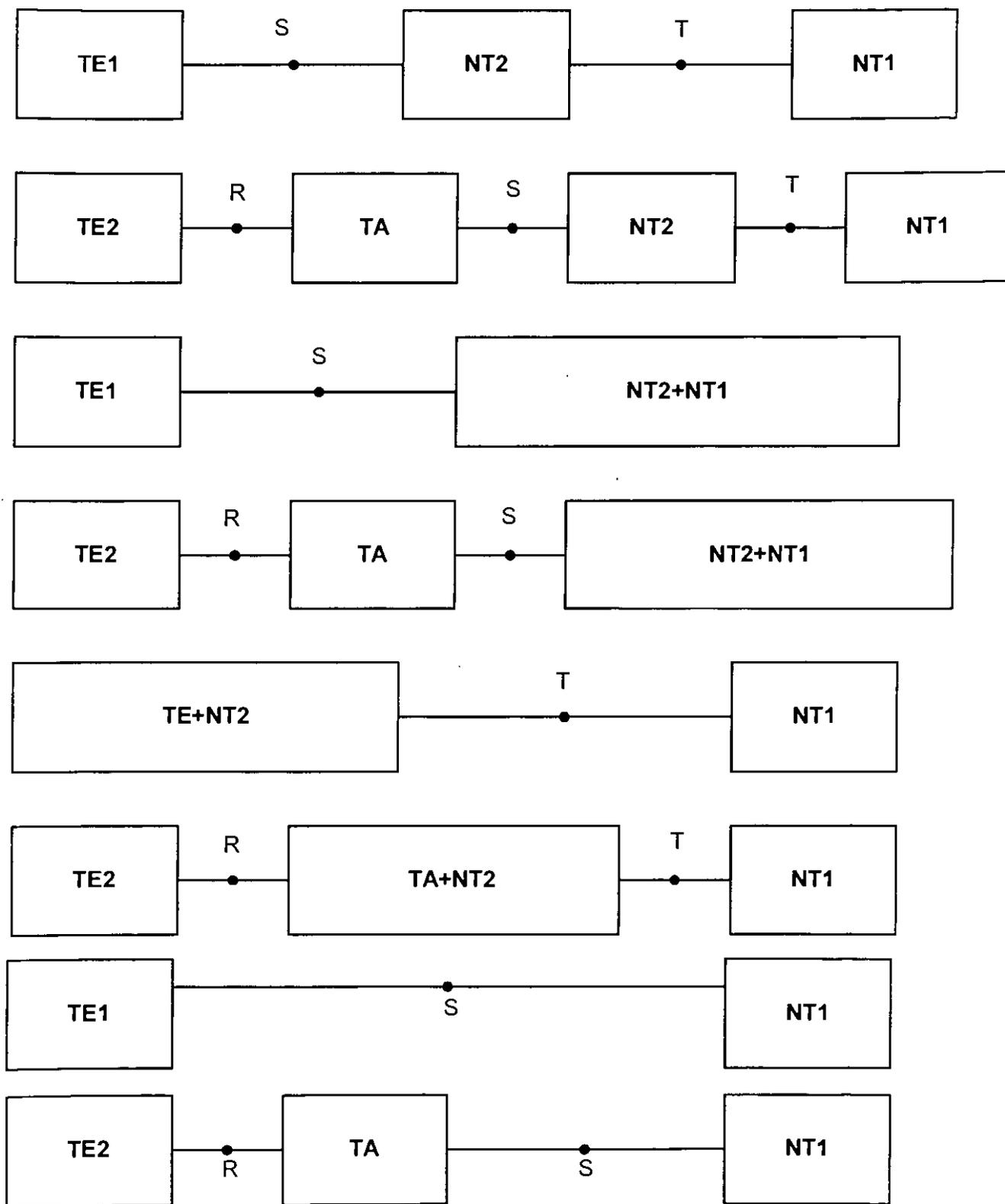


FIGURA 6.4: Ejemplos de interfaces usuario- red UNI según la I.411 de la ITU-T

La figura 6.4 muestra como las interfaces RDSI, los puntos de referencia pueden combinarse para consolidar diversas configuraciones. *Las especificaciones físicas y eléctricas estarán determinadas por la tecnología de medios de transmisión utilizados para el acceso de los usuarios a la red. E inclusive el formato utilizado en la codificación de los datos en la interfaz RDSI depende de la razón de datos usada, es decir, se puede optar por un código de línea AMI, HDB3 u otro utilizados para facilitar la extracción de la señal de sincronización según la norma T1 ó E1 implicada.*

El flujo digital de información entre la central digital y el usuario RDSI se usa para llevar varios canales de comunicación de datos. La capacidad multiplexada en forma estadística o síncrona puede variar de usuario a usuario. La estructura de la transmisión en configuraciones punto a punto ó punto multipunto se constituye según diferentes tipos de canales. Esto, vendría siendo la interfaz eléctrica RDSI. Las tablas 6.2 y 6.3 son objetivas al respecto.

|                            |   |  |
|----------------------------|---|--|
| CANAL B<br>Canal Bearer    | 64 Kbits/seg  | Canal básico de usuario que puede establecer cuatro tipo de conexiones: circuito conmutado, paquete conmutado, <i>conexión semipermanentes</i> ó modo de trama. La velocidad de 64 kbits/seg se usa para transferir voz digitalizada y datos digitales aunque, según las nuevas técnicas de compresión <b>ADPCM</b> diferencial puede hacerse a 32 kbits/seg sin pérdida de calidad. Opera en el nivel físico de OSI   |
| CANAL D<br>Canal LAP-D     | 16 Kbits/seg ó<br>64 Kbits/seg  | Usado para información señalización de control común ó asociada para canales B en modo de conmutación por circuitos o conmutación por paquetes. Opera en el nivel de enlace del modelo OSI bajo el esquema de HDLC   |
| CANAL H<br>Canal High Rate | H0[384 Kbits/seg ó 6xB]<br>H11[1536 Kbits/seg ó<br>24xB]<br>H12[1920 Kbits/seg ó<br>30xB] | Usados para en transferencia de información de alta velocidad como: fax rápido, vídeo, datos a alta velocidad y audio de alta calidad, bajo la técnica TDM síncrona ó estadística según el aprovechamiento que se quiera dar al ancho de banda.. Este tipo de canales se agrupan para estructuras de transmisión que se ofrecen como paquetes al usuario: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estructura de Acceso Básico</li> <li>▪ Estructura de Acceso Primario</li> </ul> |

Tabla 6.2

| Velocidad de interfaz            | Designación                                     | Estructura De Interfaz                                       | Observación                           |
|----------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| 1544 kbits/seg<br>2048 kbits/seg | Interfaz<br>Canal B                             | 23B + D 1544 kbits/seg<br>30B + D 2048 kbits/seg             | D = 64 kbits/seg<br>Para señalización |
| 1544 kbits/seg<br>2048 kbits/seg | Interfaz<br>H0                                  | 4 H0 + D ó 3H0 + D 1544 kbits/seg<br>5 H0 + D 2048 kbits/seg | D= 64 kbits/seg<br>Para señalización  |
| 1544 kbits/seg<br>2048 kbits/seg | Interfaz<br>H1                                  | H11 1544 kbits/seg<br>H12 2048 kbits/seg                     | D= 64 kbits/seg<br>Para señalización  |
| 1544 kbits/seg<br>2048 kbits/seg | Interfaz<br>Combina canales<br>B con canales H0 | n B + m H0 + D   | D= 64 kbits/seg<br>Para señalización  |

Tabla 6.3

Conforme ha evolucionado la tecnología RDSI las redes de acceso analógicas van sustituyéndose por redes de acceso digital, ópticas ó híbridas. Las soluciones propuestas por las nuevas **tecnologías emergentes** para el circuito del suscriptor consideran dos estrategias entrelazadas que tienen como objetivo común, la integración de los servicios RDSI tipo **Bearer**, teleservicios y de valor agregado ó suplementarios: **A) Uso de modulaciones y codificación de línea y, B) técnicas de alambrado de circuitos.**

De hecho, con las técnicas de acceso al medio como: FDMA, TDMA y CDMA se utilizan mecanismo de multiplexaje enfocados a la explotación del ancho de banda residencial en aplicaciones que requieren tasas de bits constantes [CBR] ó tasa de bits variables [VBR]. *Quizá, la multiplexión estadística sea la mejor manera de repartir dinámicamente el ancho de banda hacia el usuario ya que proporciona ranuras de tiempo dedicadas a cada puerto de un STDM [multiplexor estadístico] por lo que el tiempo ocioso de las terminales hace necesario que no se desperdicie la capacidad de la línea de usuario en banda ancha residencial.*

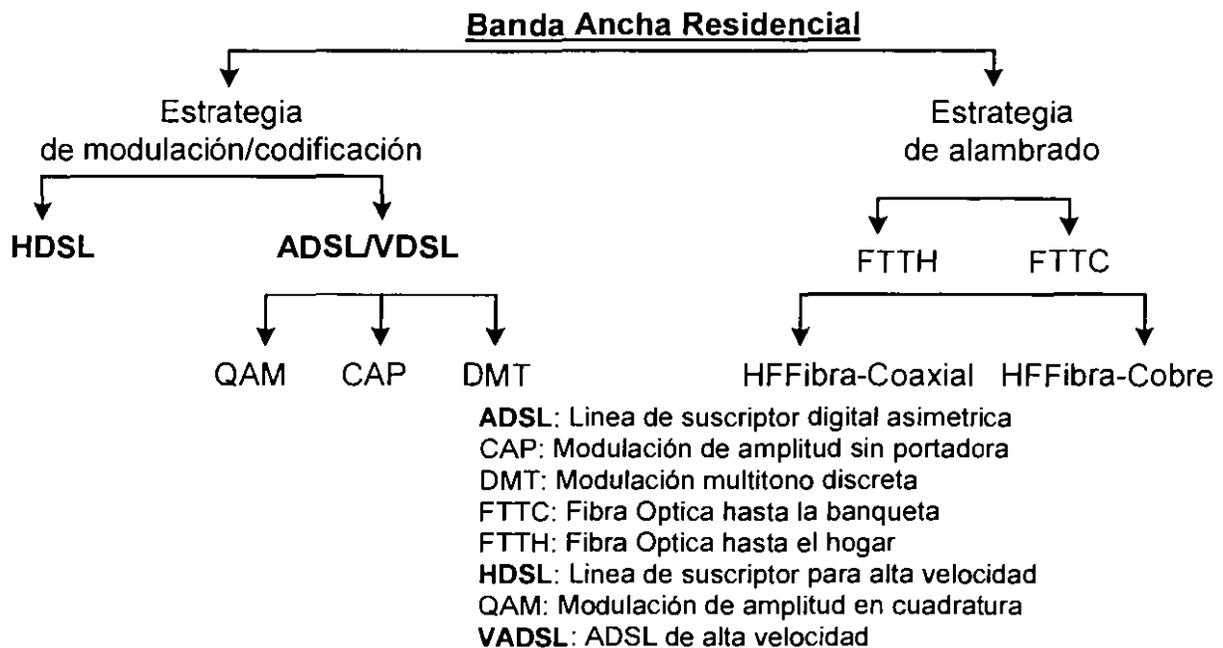


Figura 6.5

La tecnología RDSI conjunta e integra los servicios de voz, vídeo y datos en las interfaz UNI y NNI utilizando las tecnologías de conmutación de circuitos, la **tecnología de conmutación de mensajes y la conmutación de paquetes y celdas.**

En la primera el tráfico se almacena en colas rápidas en el "Switch" y se conmuta a una salida con técnica TDM. En la segunda, la conmutación de mensajes, el "Switch" examina la dirección que viene en el encabezado del mensaje y enruta el tráfico hacia el usuario terminal; almacena y reenvía la información. Asimismo, la conmutación por paquetes emplea técnicas de multiplexaje estadístico y aprovecha el atributo de transmisión por ráfagas intermitentes en aplicaciones que retienen y reenvían los bloques de datos.

Para concretar la integración de los servicios se hace uso de las estrategias consideradas: a) **modular** la información de las señales y codificarlas para protegerlas y, b) innovar procedimientos de **alambrado** híbrido para hacer coincidir distintos anchos de banda en la línea de usuario.

### 6.3 PARTE DE USUARIO ISDN, ISUP .

En los dos capítulos precedentes se trató lo referente a la señalización inteligente y lo relativo a la estructura de la red inteligente AIN. Ambas circunstancias están muy estrechamente relacionadas con ISUP; la primera en razón de la interfaz UNI en lo que confiere al establecimiento y liberación de las llamadas de usuarios tipo ISUP y la segunda, en cuanto a las interconexiones e intertrabajos (interworkink) que acontecen en la interfaz NNI ó entre nodos. Recuérdese estas equivalencias:

| Concepto        | Red de Comunicación de Datos | Red de Señalización             |
|-----------------|------------------------------|---------------------------------|
| Nodo            | Nodo                         | Punto de Transferencia de Señal |
| Enlace ó Link   | Enlace de Datos              | Enlace de Datos de Señalización |
| Unidad de Datos | Paquete                      | Unidad de Señal                 |
| Usuario         | Cliente DTE                  | Punto Terminal de Señalización  |

En el modelo de referencia OSI de siete niveles considerado para la Figura 6.1 no aparecen relacionados los renglones con los niveles MTP1, MTP2, MTP3, SCCP e ISUP del sistema de señalización SSCC # 7:

- ⇒ MTP1 considera al enlace físico como una interfaz digital. Para el caso de RDSI los puntos de referencia y grupos funcionales NT y TE están asociados a terminaciones físicas y eléctricas de los equipos del usuario.
- ⇒ MTP2 se encarga de la transferencia de tráfico entre componentes de SCC # 7, su comportamiento es similar al control de enlace que ejerce HDLC ó LAP-D en RDSI, al igual que LAP-B ó X.25
- ⇒ MTP3 se relaciona con I.451 en RDSI y X.25. Es prácticamente un nivel de gestión de red que junto con SCCP ofrece servicios orientados a conexión de aplicaciones ó, también servicios no orientados a conexión.
- ⇒ ISUP es el protocolo de señalización utilizado en RDSI en la interfaz UNI en la red de acceso y NNI en el caso de la red de transporte. Esta parte de usuario se encarga de transmitir información de control de llamadas entre nodos.

De las unidades de señal MSU, LSSU y FISU, *solo MSU lleva el mensaje de la señalización entre las partes de usuario. Una etiqueta de enrutamiento contiene la identificación y ubicación de los usuarios origen y destino OPC y DPC. En la misma etiqueta de MSU aparecen 12 bits del parámetro CIC [Circuit Identification Code] con el se determina la cantidad de circuitos de habla que puede controlar un link de señalización:  $2^{12} = 4096$  circuitos.*

En síntesis, MTP proporciona el servicio de transporte a los mensajes de señalización entre nodos de conmutación. Consta de software como de hardware necesario para el envío de unidades de mensajes hacia la parte de usuario TUP ó ISUP. Mientras SCCP proporciona la capacidad de direccionamiento de acuerdo al nivel de red del modelo OSI. *Es un software que orienta la señalización a través de conexiones lógicas.*

**De hecho, MTP y SCCP constituyen la parte de servicio de red NSP**

En realidad entre el usuario TE - ISUP y la red el sistema de señalización que será más usado es DSS1, el cual es un sistema de señalización orientado al usuario ó suscriptor muy similar a SSCC# 7 el que opera entre nodos de señalización ó entre PAS y PTS. Los mensajes de DSS1 son transportados por el canal de señalización D. Así se observa en la Figura 6.6.

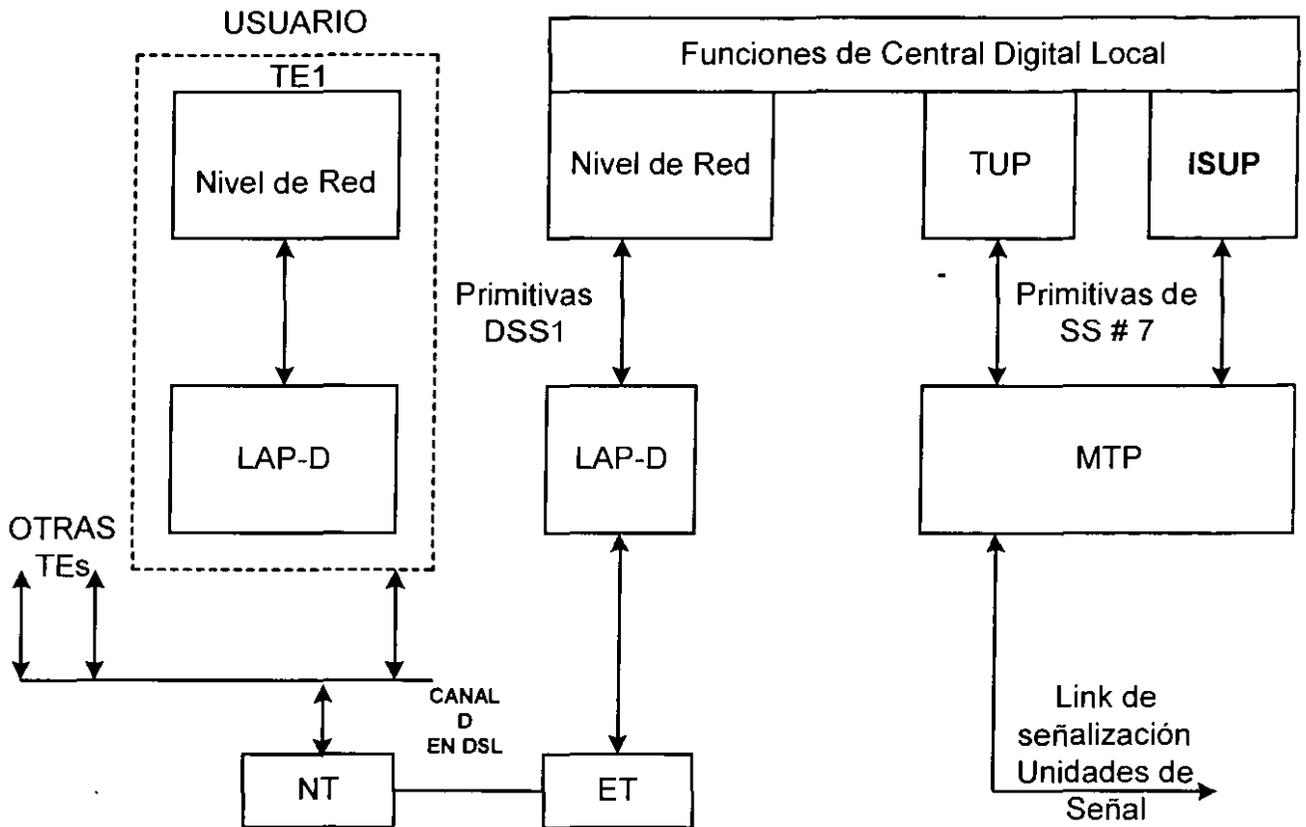


Figura 6.6

Las funciones del canal D son comparables a las de el "link" de señalización, es decir, el protocolo **HDLC** controla el flujo de información y la corrección de errores en forma similar a como lo hace la trama de SS# 7. El protocolo de acceso al enlace por medio del canal D realiza la señalización en la interfaz UNI y, además, el SS # 7 lo efectúa entre los nodos de conmutación; de esta manera se agrega más inteligencia y rapidez a la toma y la liberación de los enlaces que utiliza el usuario ISUP. Los esquemas de señalización de ISUP son vastos y complejos para indicarlos en estas líneas pero, las referencias al final de capítulo son suficientes.

De hecho, las conexiones a través del canal D se dan en función de las direcciones de los TE . La gestión de estos se da a nivel de conmutación.

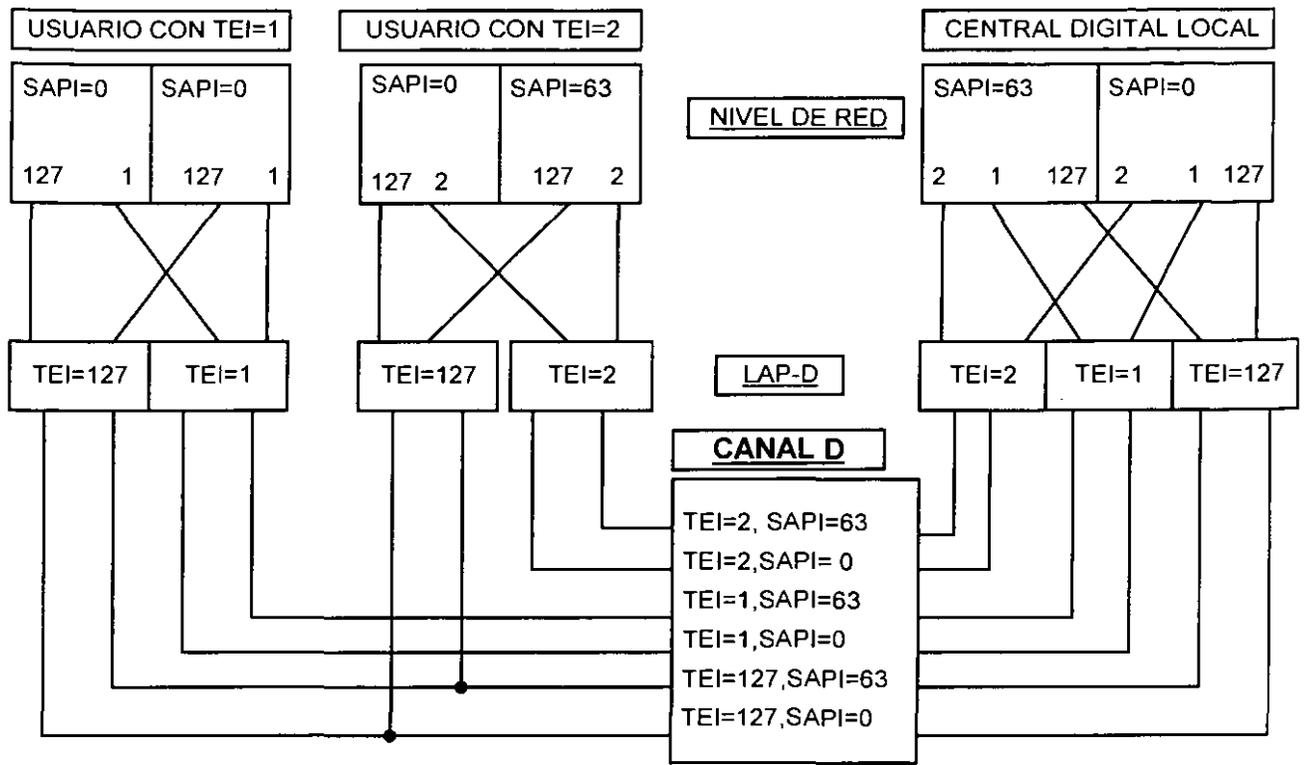


FIGURA 6.7: Complejidad en conexiones TEI de usuarios ISUP con la central digital local

De hecho, las conexiones a través del canal D se dan en función de la ubicación de los dispositivos TE. La gestión de estos TE [van de 0 a 127] se da a nivel de conmutación. Para el ejemplo se usan tan solo TE=1 y TE=2. Asimismo, la función LAP-D identifica el equipo terminal en el usuario y su dirección dentro de la central digital. En la identificación de las funciones de red se utilizan los identificadores de puntos de acceso al servicio SAPI, de los cuales el cero corresponde al control de llamadas de usuarios ISUP y el número 63 a la gestión del enlace de control de datos, canal D.

Así como los equipos de usuarios RDSI se pueden agrupar en funciones como NT, TE y TA estos mismo tienen sus limitaciones. Es decir, por ejemplo, a la terminal NT solo pueden conectarse a través de un **bus pasivo** ocho terminales RDSI. O a través de un bus pasivo extendido se tiene la limitante de la distancia. De la misma manera, es preciso

remarcar que la señalización utilizada en toda una red compleja y extensa como es la red RDSI se resume en dos tipos de señalización

□ **Sistema DSSI**: Sistema utilizado, como ya se menciona, en el control de información en la interfaz UNI ó para el caso extremo-extremo entre usuarios digitales. Toda la información de toma de circuito, petición de servicios ó liberación de llamadas se efectúa en el Canal D de señalización a razón de 16 kbits/seg ó 64 kbits/seg. En los accesos básicos [2B+D] y accesos primarios [30B+D]. Funciona en la Red de Acceso.

□ **Sistema SSCC # 7**: Sistema utilizado en el control de información entre nodos de conmutación de interfaz NNI; a través de enlaces de transporte digital en los cuales se utiliza el "slot" 16 de TDM ó Canal 16 de la trama de un sistema E1 para intercambio de señales entre los nodos llamados puntos de señalización PS ó puntos de transferencia de señalización PTS usando terminales de señalización ST que almacenan, procesan y envían la información contenida en las unidades de mensajes FISU, LSSU ó MSU. Tanto TUP como ISUP están implementados en el Subsistema de Señalización y Enlace TSS [para centrales con tecnología L.M. Ericsson] TUP soporta la función de telefonía básica ó POTS e ISUP soporta las funciones básicas y suplementarias de RDSI y proporciona el medio por el que las unidades de mensajes se pueden transportar al utilizar el sistema de señalización SSCC # 7.

#### **6.4 TIPO DE SERVICIOS EN RDSI.**

En las recomendaciones I.200 están contenidos los aspectos relevantes de los actuales servicios RDSI. Tres tipos de servicios están definidos por la CCITT:

- Servicios Bearer [o de transportar]
- Teleservicios
- Servicios Suplementarios

Los primeros, son servicios RDSI fundamentados en la aplicación de voz, vídeo y datos sobre el canal B entre usuarios RDSI y en tiempo real. Estos servicios corresponden al uso de los tres niveles del modelo de referencia OSI.

Los teleservicios combinan las funciones de transportación con las funciones de procesamiento de la información, es decir, utilizan los niveles orientados a servicios de red [niveles OSI físico, de enlace y de red] en función de las aplicaciones de usuarios ó parte de usuarios [niveles OSI de sesión, presentación y aplicación].

Asimismo, los servicios suplementarios son implementados conjuntando atributos de servicios Bearer + atributos de teleservicios.

NOTA: una amplia apreciación de atributos de los tres tipos de servicios considerados están extensamente explicados en el capítulo sexto del libro ISDN and Broadband ISDN de William Stallings.

---

## 6.5. LA SINCRONIZACION EN RDSI.

La Figura 6.1 muestra que la cobertura de la red del SC se fundamenta en el SS ó *red de sincronización de tipo jerárquico*, despliegue que constituye el control temporizado de todos los servicios y tipos de red de transporte y residenciales ó de acceso. La estructura del SS se analizó con persistencia en capítulos dos y tres de este trabajo.

**La sincronía de redes RDSI esta definida según los trayectos digitales de 2,8,34 y 140, 155.52 y 622 Mbps dentro de las cargas de la red de alta capacidad.** Los nodos ISUP están controlados por enlaces digitales específicos de sincronización en la red de transporte SDH, en tanto para la red de acceso la interrelación con el equipo terminal del usuario que instala terminales de computo y EPABX [Electronic Private Automatic Branch Exchange] incluye una relación de velocidad de señalización entre sistemas abiertos como control temporizados de las mismas.

El antiguo sistema de señalización R2-MFC utilizaba **2 milisegundos** por cada señal numérica y cada señal de control, con el sistema de señalización No. 7 se transportan miles de octetos empaquetados en la una unidad de mensajes **MSU en tan solo 0.2 milisegundos.**

**Es decir, para la red acceso, aunque se utiliza DSS1 la sincronía tiene que darse como si fuera la sincronización en sistemas distribuidos en configuraciones punto a punto ó punto multipunto en donde la sincronía del equipo terminal tiene que ajustarse a los requerimientos del operador de la red de telecomunicaciones.**

## CAPITULO 7 APLICACION DE ATM EN UNA RED VIRTUAL DE BANDA ANCHA VARIABLE

**"La globalización es un fenómeno histórico ligado a los inmensos progresos de las tecnologías de punta que modificaron en forma radical nuestros conceptos del tiempo y del espacio y permiten realizar intercambios planetarios en tiempo real"**

Viviane Forrester

### 7.1 EVOLUCION DE RED VIRTUAL EN UN ENTORNO SINCRONO.

El concepto de virtualidad es un termino relativamente nuevo, en realidad las redes virtuales, VPN por ejemplo, nada tienen de nuevo. El estándar X.25 - aprobado en 1976 y sucesivamente modificado en 1980, 1984, 1988, 1992 y 1993 - ha ofrecido servicios "de, y en redes virtuales". La abstracción algorítmica del modelo OSI es referencia obligada para todos los protocolos utilizados en los sistemas de redes virtuales de conmutación y transmisión de paquetes de datos, en sí, de todo tipo de redes de comunicación abiertas que controlan y gestionan información final de voz, datos y vídeo. En este modelo de referencia es distinguible dos partes importantes a saber: la parte orientada a la red [niveles 1,2,3 y 4] y la parte orientada a los servicios o aplicaciones [niveles 5,6 y 7], ambas partes son sensibles a la interconexión lógica y física de sistemas abiertos, o sea, interconexiones a las redes de acceso de interfaz de usuario UNI e interfaz de transporte NNI. Es decir, en los sistemas que se interconectan mediante interfaces lógicos a nivel de enlace LAPB - para el caso de enlaces balanceados, como es el caso del protocolo X.25 ó no balanceados con enlaces LAPD [HDLC] - ó en enlaces físicos usando la interfaz física X.21 ó RS-232-D con códigos definidos y sintaxis determinada.

Las técnicas y tecnologías ISDN, X.25, Frame Relay y, hoy ATM, mantienen impactadas a las redes conmutación por paquetes y, aún, son complementarias pero, según historias recientes la tendencia integradora de las redes ATM manifiestan un predominio tecnológico que se reflejara en los servicios de usuario y en el ansiado control del ancho de banda en el mercado de las telecomunicaciones de nuestro país. El atributo B-RDSI asincrónico de ATM explotara los atributos de transporte sincrónico en los contenedores virtuales de SDH y la conmutación por celdas en las interfaces NNI Y UNI como un eje de

control y distribución de servicios domésticos multimedia y redes de transporte de alta velocidad. Ver Figura 7.1.

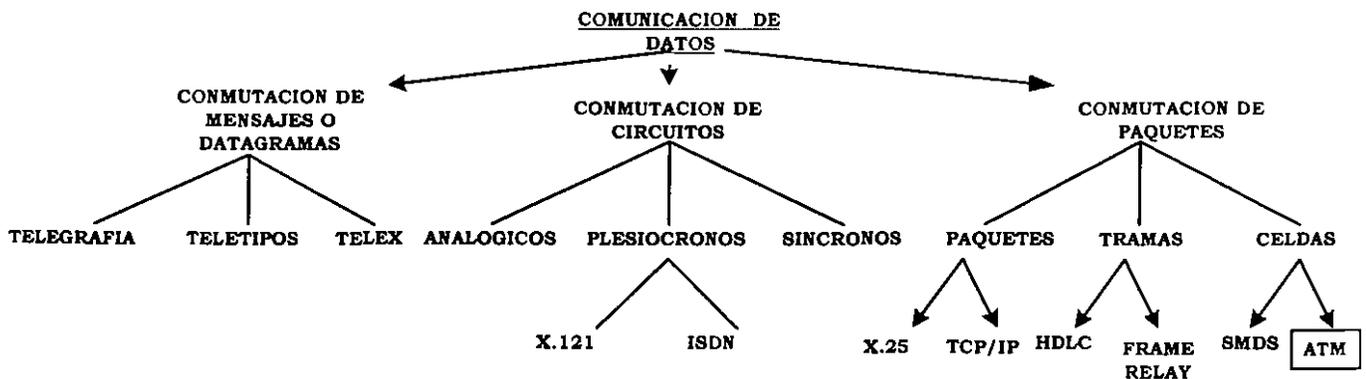


Figura 7.1

### De lo sincrónico y lo asíncrónico

Las técnicas de conmutación por paquetes han evolucionado en función de la calidad de los enlaces, es decir, de la variable probabilidad de error. La arquitectura de las tramas de X.25, Frame Relay, TCP/IP e inclusive del SSCC # 7 están fundamentadas en el protocolo de control de enlace de alto nivel HDLC, el cual contiene los campos necesarios para funciones de control de errores, un campo que contiene la dirección origen y destino del usuario, un campo de control de secuencia de tramas y un campo de información que lleva la carga útil de los bloques de datos. El protocolo **HDLC es una norma internacional en el cual se basan todos los protocolos orientados a bits usados en transmisión síncrona**. Toda la trama ó bloque de caracteres u octetos se transmite en forma de una cadena de bits contiguos para que el receptor que recibe la información, primero: detecte y, después: resincronice el flujo de bits hasta que recibe toda la información completa. De hecho, en este modo de transmisión no existe ningún retardo de la señal de datos ya que el receptor sincroniza la llegada de la trama de información a través del bit de inicio de trama y, es precisamente, en este instante cuando por medio de un código balanceado de línea de no retorno a cero [NRZ] Manchester diferencial se detecta la transición de polaridad de cada celda del bit marcado con "uno"; de esta manera el receptor determina con exactitud el control de la sincronía de la información cursada. De otra forma, el método de sincronización por bit de reloj en el modo de transmisión asíncrona es menos confiable ya

que al incrementarse la velocidad de información de datos el protocolo tipo HDLC obliga a los nodos receptores a procesar complejos encabezados de trama.[direccionamientos]

Con el modo de **transmisión es asíncrono** el reloj del receptor trabaja en forma asíncrona respecto a la señal recibida, es decir, los relojes de transmisión y recepción trabajan en una base de tiempos diferente.

Ambas consideraciones de modos de transferencia de información síncrona ó asíncrona están sustentadas en el hecho de que el relevo de tramas o celdas conmutan la información dentro un marco de red virtual orientada a conexión segura. En todo esto esta involucrada y constituye la esencia misma de la comunicación la manera de sincronizar la información que se manda como la que se recibe. Es, por lo tanto, "el relevo de paquetes" para el caso de X.25 y "relevo de tramas" para Frame Relay **como el "relevo de celdas" en ATM las tecnologías emergentes que tienen la misión de integrar los servicios y de gestionar la información digital con el menor procesamiento posible y con la mayor velocidad en tiempo real y sin retardos alguno.**

EL modo de transferencia asíncrono ATM evoluciona con una mística integradora de servicios pero, también, en proporcionar procedimientos de transferencia de datos ó información en una forma mucho más eficiente en redes virtuales de alta velocidad. Es decir, contiene el atributo de ser una tecnología útil como Backbone en los sistemas de transporte y de gestión de capacidades del orden de los Gigabits/seg hasta Terabits/seg, tal es el caso de los Backbone de la red Virtual Internet y de los grandes sistemas de redes públicas conmutadas multiservicios.

Asimismo, dado que los "Switch's" son el corazón de redes ATM como sistema matricial de conmutación espacio-temporal pagan el precio por la integración de la diversidad de tráfico implicado [voz, vídeo y datos VVD], con diseños complejos en cuanto a dimensionamientos de su propia red del "Switch" para que pueda cumplir y llevar a cabo las acciones necesarias para el buen funcionamiento, disponibilidad y desempeño de redes tipo ATM. Es inevitable entender la arquitectura y funcionalidad del sistema Switch-ATM.

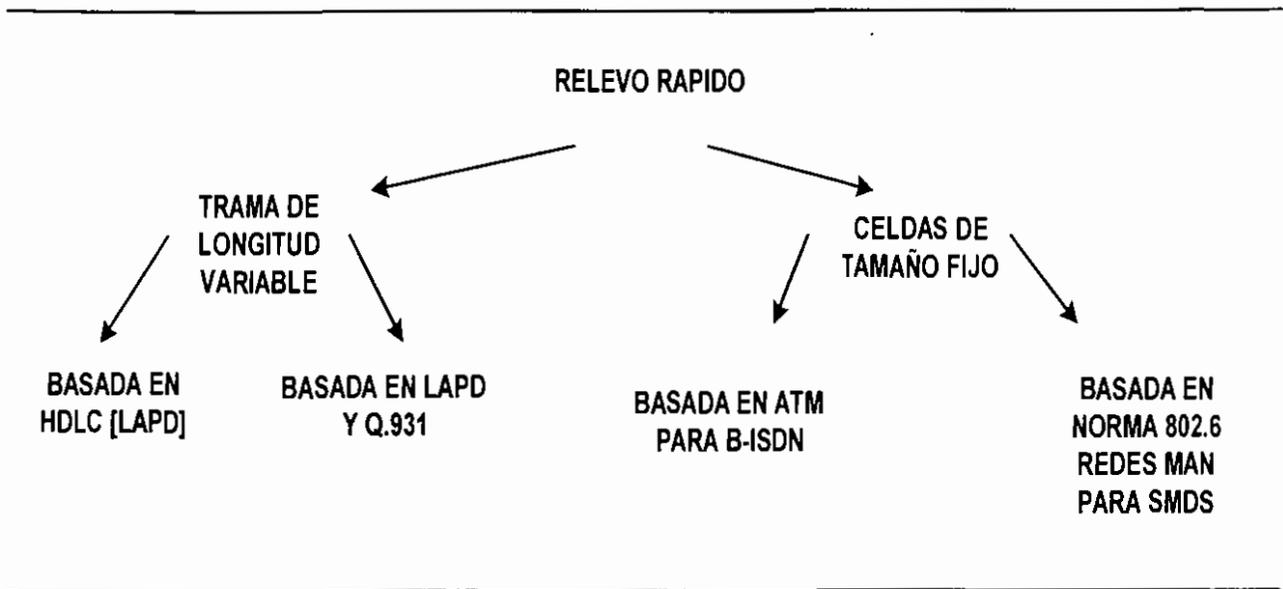
Quizá, es necesario apuntar la distinción entre el relevo de tramas ó PDU de tamaño variable con el relevo de celdas ó celdas de tamaño fijo ya que el uso de celdas de longitud fija [53 octetos, 5 para encabezado y 48 para carga útil] permite obtener un desempeño [performance] más predecible en la red que cuando se usan tramas de longitud variable.

En donde los retardos de transmisión son más predecibles, hecho que sucede en los retardos del sistema de espera para hallar salidas dentro del Switch; las colas de espera ó también "encolamientos" dentro del sistema de conmutación de los nodos ATM procesan esta información según las configuraciones que posteriormente se explican [Banyan, Memoria Compartida]. Esto, en sí, es una gran ventaja ya que la electrónica de las memorias darán tratamiento a tramas de longitud fija en forma de octetos haciendo más sencillo el procesamiento de las tramas. Sin embargo, en el sistema de conmutación y dada la conversión serie paralelo los buffers [normalmente de 8 ó 16 palabras de longitud] trataran de procesar paquetes de longitudes variable con cierta ineficacia; lo cual es una desventaja.

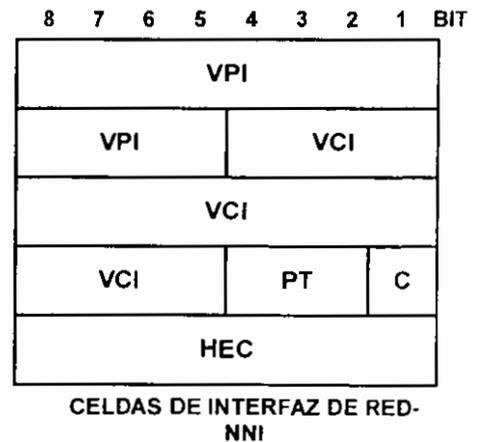
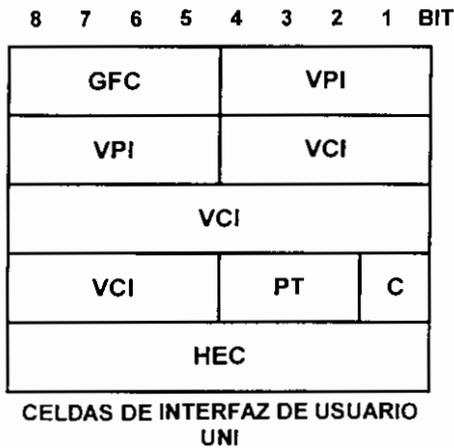
En la Figura 7.3.1 se reconocen las diversas aplicaciones orientadas a red. Los sistemas de fibras ópticas se están convirtiendo en el transporte preferido para enfrentar los requerimientos de anchos de banda a tasas de velocidad de transporte tan amplios como la velocidad de procesamiento del tráfico cursado. La eficiencia de la red [throughput] es de suma importancia para las administradoras de red RTPC, LAN u otra.

| ORDEN  | TASA DE BIT<br>Mbps | THROUGHPUT<br>Mbps | SISTEMA | MEDIO          | RED |
|--------|---------------------|--------------------|---------|----------------|-----|
| E4     | 139.264             | 138.24             | PDH     | Coaxial        | WAN |
| STM1   | 155.52              | 149.76             | SDH     | Fibra Monomodo | WAN |
| Celdas | 51.84               | 49.536             | SONET   | UTP3           | LAN |

| TECNOLOGIA         | APLICACIONES  | RESTRICCIONES   |
|--------------------|---|---|
| Frame Relay y SMDS | Redes LAN<br>Redes WAN sin costura<br>Gráficos, CAD/COM, Rayos X<br>Transferencia de Bases de datos<br>Interconexión de redes LAN<br>Video de calidad mediana | CIR: Tasa de información comprometida<br>Distancia en Red WAN                                       |
| ATM                | Todas las aplicaciones de FR y SMDS mas voz y video de alta calidad   | Sin límite de distancia<br>Velocidades propias de UNI hasta red dorsal usando como transporte a SDH |



El protocolo ATM utiliza unidades de datos de protocolo PDU en forma de paquete de 53 octetos llamados celdas. Cinco octetos están dedicados al encabezamiento [overhead] y 48 son ocupadas por AAL y la carga útil del usuario en la interfaz UNI y NNI como se muestra.



Para la interfaz de usuario UNI y NNI se cuenta con una etiqueta que contiene un total de 24 bits de direccionamiento del circuito virtual ocho se asignan al VPI y 16 al VCI

y 12 y 16 bits asignados para NNI. El campo de carga útil PT [payload type] identifica el tipo de tráfico de usuario, gestión o control que contiene la celda. El campo de control de errores de encabezado HEC [header error control] es un campo para verificación de errores y, se calcula con base en el encabezado y no en la carga útil del usuario. ATM usa un mecanismo adaptativo de detección y corrección de errores con el HEC.

## 7.2 CIRCUNSTANCIAS Y ATRIBUTOS DE LA TECNOLOGIA ATM

⇒ A finales del siglo [1990 a 2000] ciertas redes RTPC de conmutación y transmisión pública se han digitalizado casi al 100%. La digitalización, por si misma, ha facilitado la interconectividad de elementos de la red y la evolución hacia aplicaciones normalizadas con estándares internacionales en la gestión inteligente y automatizada de las mismas redes.

⇒ Digitalizadas las redes de telecomunicaciones. Es decir, dada la disponibilidad para el procesamiento y control digital de la información, los grandes proveedores del sector de la telefonía han sabido aprovechar la convergencia de circunstancias en el mercado de servicios de telecomunicaciones para elaborar tecnología avanzada de computo aplicable a la telefonía; mutando poco a poco las redes diseñadas para voz en redes virtuales de datos ó paquetes de información. Se han desarrollado diseños de centrales de conmutación mas poderosas en el manejo de datos y con menores tiempos de conmutación para circuitos, paquetes y mensajes. Esto mismo, ha provocado que los sistemas de transmisión digital estén migrando aceleradamente de sistemas PDH a SDH, gratificando, así, eficientemente la explotación del ancho de banda, tanto en la red de transporte al ir interconectando nodos NNI y utilizando modulaciones en fibra óptica mas poderosas y de mayor calidad como, también, la posibilidad de explotar e integrar diversos servicios de voz, vídeo y datos en un solo canal con multiplexores **MMS** multiservicios que utilizan la técnica TDM [STDM] en la multiplexión estadística efectuada en los dominios de la interfaz del usuario UNI [NTU] . Los anchos de banda de las redes dorsales backbone's y las velocidades de transporte se han incrementado proporcionalmente para enfrentar el reto de los multiservicios y la integración de los mismos.

La digitalización, la demanda de ancho de banda y la inteligencia de los elementos de la red de telecomunicaciones son factores fundamentales que la tecnología ATM puede mantener adecuadamente integrado y, de esta manera, atender la complejidad significativa del tipo de usuarios. Además, responde a las propias exigencias del mercado. De hecho, la tecnología ATM facultara a las "reguladoras del mercado y de la competencia" en sus intenciones de resolver grandes necesidades al pretender incrementar los índices de teledensidad, de cobertura y de accesibilidad a los servicios de multimedia, Internet y telefonía, en cualquiera de sus modalidades. **ATM es, en fin, una sinergia propia del futuro en cuanto a telecomunicaciones.**

Los atributos de ATM están ampliamente documentados tanto en una bibliografía libresca como en los Foros de discusión sobre ATM. Solo mencionaremos lo que es necesario para explicar nuestra tesis integracionista.

- ⇒ Los sistemas de información distribuidos [SID] aplicados en las telecomunicaciones en una plataforma de interfaz de usuario / aplicaciones /y bases de datos similar al esquema usuario / sistema telefónico /y servicios tienden aceleradamente a exigir desarrollos progresivos de sistemas con mayor inteligencia, que puedan ser aplicables en cualquiera de las tres entidades marcadas, para modificarlas o sustituirlas. La inteligencia de la red incluye, necesariamente, la inteligencia de los sistemas de conmutación llamados Switch's de las centrales digitales, de la arquitectura de los sistemas de señalización por canal común con sus respectivas partes TUP, ISUP, SSCC y TCAP, además de los sistemas de transporte SDH gestionados. Con más exigencia se diría que, también, subsiste una inevitablemente tendencia de incluir mayor "expertez" en los equipos con plataformas cliente/servidor que son usados para manipular y modificar bases de datos estructuradas en forma de tablas dinámicas de ruteo.
- ⇒ Finalmente, puede decirse que con la tecnología ATM lo complejo se tornara sencillo ya que los equipos de gestión TMN [que es un estándar] utilizaran software poderoso para medición, supervisión, operación y mantenimiento tanto en la red de conmutación como en la red de transporte y acceso.

Bajo estas circunstancias, la evolución de ATM proseguirá porque sus atributos superan tecnológica, social y económicamente a X.25, Frame Relay y SMDS; puede llegar a convertirse en un paradigma tecnológico si el tamaño de la celda deja de ser un

argumento limitante e insuficiente en el desempeño ó performance grandes redes, debido fundamentalmente, al breve tamaño de su encabezado y a su procesamiento dentro de los nodos de red. Posición contraria a quién sostiene que la tecnología ATM fue diseñada para lograr ser independiente de las aplicaciones diversificadas que se dan en las interfaz UNI y NNI de la red de usuario y de transporte; del mismo modo que SDH / SONET mantienen el atributo de transportar una gran diversidad de aplicaciones de transporte de alto orden, incluyendo ATM, por medio de sus módulos de transporte STM-n. ATM es una tecnología mas fácil de implementar en hardware que la tecnología que utiliza PDU ó tramas de longitud variable. ATM es una tecnología multimedia en proceso de maduración, esta referida en los ajustes que se están dando en las capas de servicios de portador uno, dos y tres del modelo OSI.

Los sistemas de fibra óptica se están convirtiendo en los cimientos del apoyo de estos servicios para estas tecnologías, y los procesadores de alta velocidad están proporcionando la velocidad necesaria para procesar el tráfico. En ambos aspectos esta presente la participación de ATM: La conmutación y el transporte.

### **7.3 ATM UNA TECNOLOGIA EMERGENTE DE CONMUTACION Y TRANSPORTE ASINCRONO**

El antecedente mas remoto de un sistema inteligente de conmutación aplicado a una red telefónica quedó determinado en enero de 1878 en New Haven cuando se estableció la primera central telefónica con veintiún abonados interconectados por medio de un sistema de "conmutación inteligente y privado" al aprovechar la presencia de una operadora frente a un múltiple rústico y analógico. La Bell Co. da sus primeros pasos. Mas, sin embargo, la técnica de conmutación ha evolucionado en forma generacional con los "ordenadores"; desde la modalidad del "oír, ver y anotar" de 1878 hasta la tecnología de la conmutación virtual que favorece "diálogos entre usuarios DTMF y máquinas digitales" en forma casi instantánea. Es lógico que esta moderna tecnología de la conmutación sea predominante hoy y revolucione nuestra sociedad de la comunicación que admira la velocidad, la instantaneidad, la capacidad de conexión e interacción y la disolución de la fronteras

físicas. Asimismo, con la aplicación de las "novedosas tecnologías de conmutación y transporte" quedan explícitos nuevos conceptos de espacio y tiempo; en principio por la inmediatez que hace que se pierda el significado de la distancia y la instantaneidad con que se presentan los hechos.

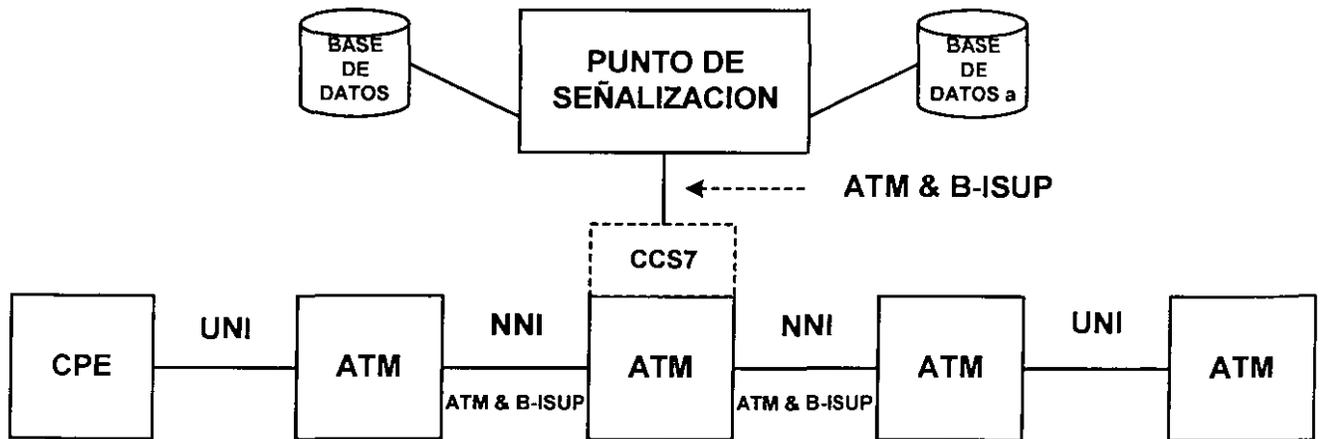
Lo manifestado en el párrafo que precede impacta al mercado de los servicios de telecomunicaciones, ya que, las tarifas telefónicas de los servicios se miden en base a esos dos ejes:

- Los kilómetros y las tecnologías empleadas para lograr conexiones y
- La duración y los horarios en que se prestan [por ejemplo, las tarifas telefónicas, que varían según los horarios en que se usa el servicio]

El mercado y su regulación tiende a ser mas exigente con las "nuevas tecnologías emergentes" en lo que refiere a una total integración de los servicios en un ancho de banda subyacente en la tecnología de fibra óptica o de sus híbridos HFC. Esta obligando a los operadores de redes públicas de telecomunicaciones a que distribuyan mas inteligencia en sus redes. *En 1878 la inteligencia de la operadora era suficiente para conmutar y supervisar los enlaces de abonado; hoy los sistemas de conmutación digital empiezan a ser ineficientes e insuficientes para conmutar y controlar la diversidad de tráfico VVD y, en consecuencia, poder para explorar y explotar anchos de banda variable. La tecnología que acude para resolver los problemas de integración de servicios, de velocidad de conmutación y de transporte es el modo de transporte asíncrono ATM.*

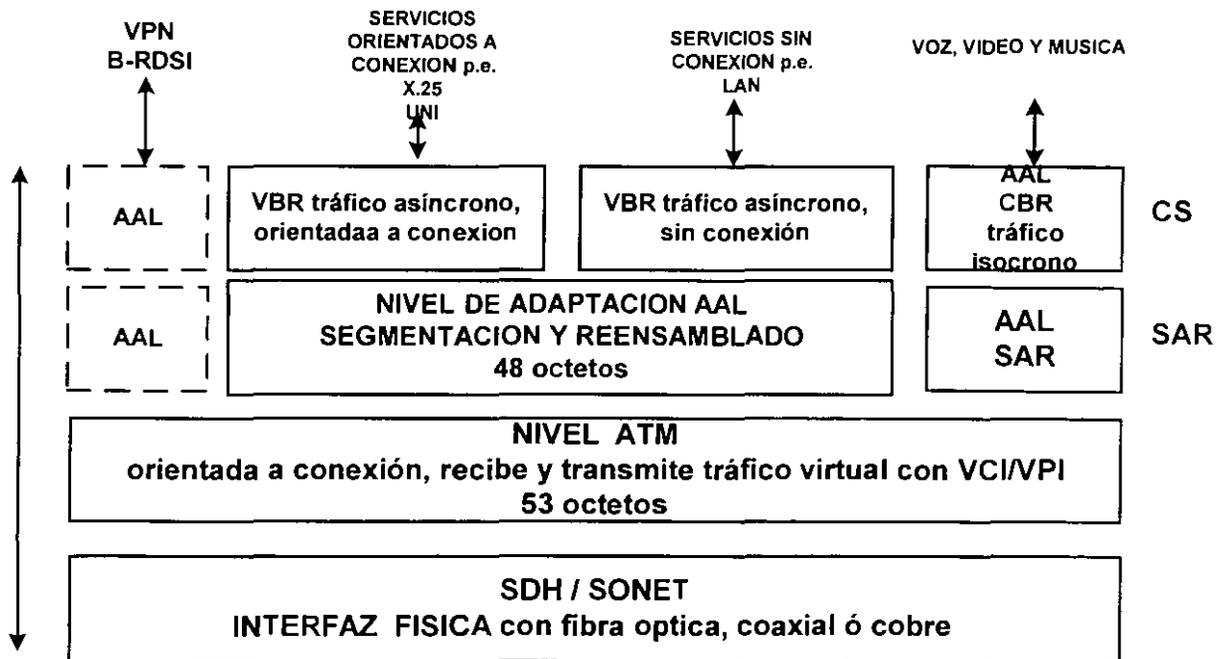
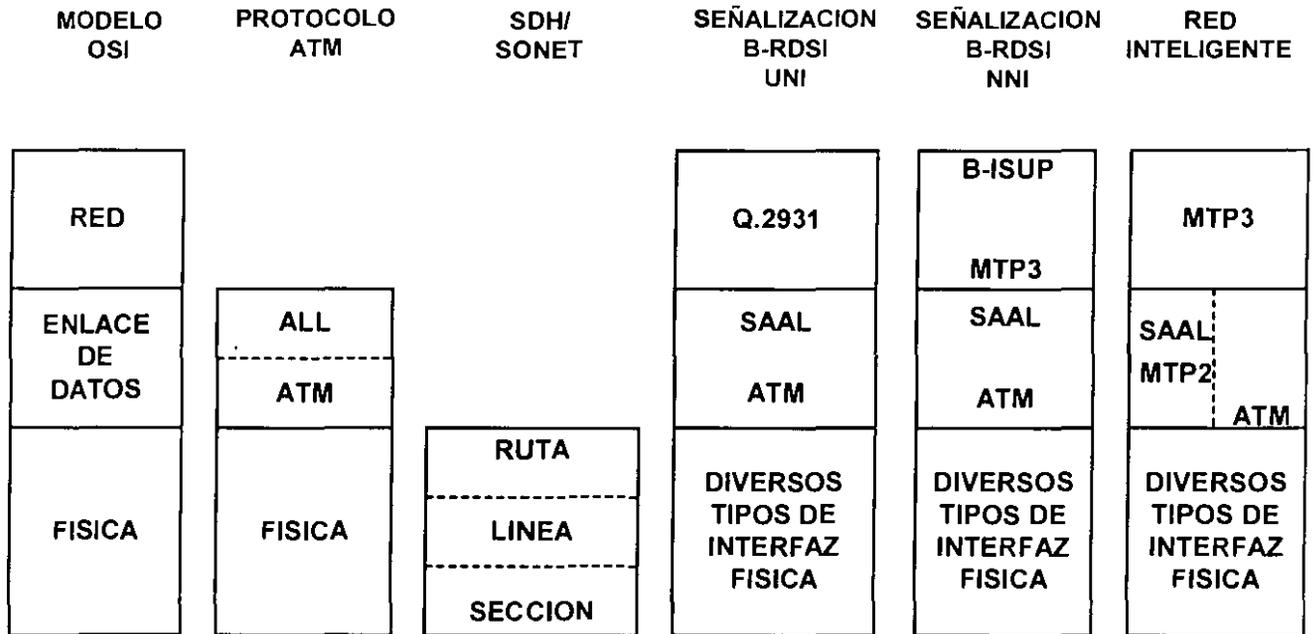
Para implementar aplicaciones ATM en los sistemas de comunicación como un modo de transferencia asincrono debió considerarse la existencia fundamental y necesaria de los sistemas de transporte sincronos SDH y SONET. Es decir, funcionalmente el modelo OSI no solo esta convalidando la interacción de los servicios entre las tres capas orientadas a la red sino que también esta sirviendo de referencia a las tecnologías emergentes en lo que concierne a la gestión de red, a la calidad de los servicios de banda ancha RDSI-B, ver Fig. 7.3.1; sin olvidar, por supuesto, que *SDH actúa como un mecanismo de transporte de alto orden con regeneradores "inteligentes" de extracción e inserción de tributarias [drop & insert] para los nodos NNI*, Ver Fig. 7.3. Así, SDH y ATM dan origen a una simbiosis de altas velocidades de transporte con altas capacidades de conmutación. El uso del protocolo

ATM esta impactando severamente las interfaces UNI, NNI ya mencionadas en los capítulos de RDSI y SSCC # 7



**FIGURA 7.3 RED SUPERPUESTA ATM**

**FIGURA 7.3.1 ATM EN RELACION A  
PROTOCOLOS DE RED :**



La figura 7.3.1 muestra los atributos de ATM en lo que son las redes virtuales de banda ancha RDSI-B. Conceptualmente la virtualidad estaría definida según la Figura 7.3.2.

|                                 |    | EXISTENCIA DE ELEMENTO VISIBLE  |  |
|---------------------------------|----|---|--|
|                                 |    | SI  | NO   |
| EXISTENCIA DE ELEMENTO ESPACIAL | SI | REALIDAD OBJETIVA<br>CIRCUITO FISICO<br>DEDICADO<br>OPERACION FISICA          | CONVERTIDORES DE PROTOCOLOS DE COMUNICACION ENTRE USUARIOS<br>OPERACION TRANSPARENTE     |
|                                 | NO | REALIDAD SUBJETIVA<br>CIRCUITO VIRTUAL<br>PVC, SVC, SPVC<br>OPERACION VIRTUAL | REDES QUE VAN "EVAPORANDOSE" POR IMPACTO TECNOLÓGICO<br>REDES EN PROCESO DE INEXISTENCIA |

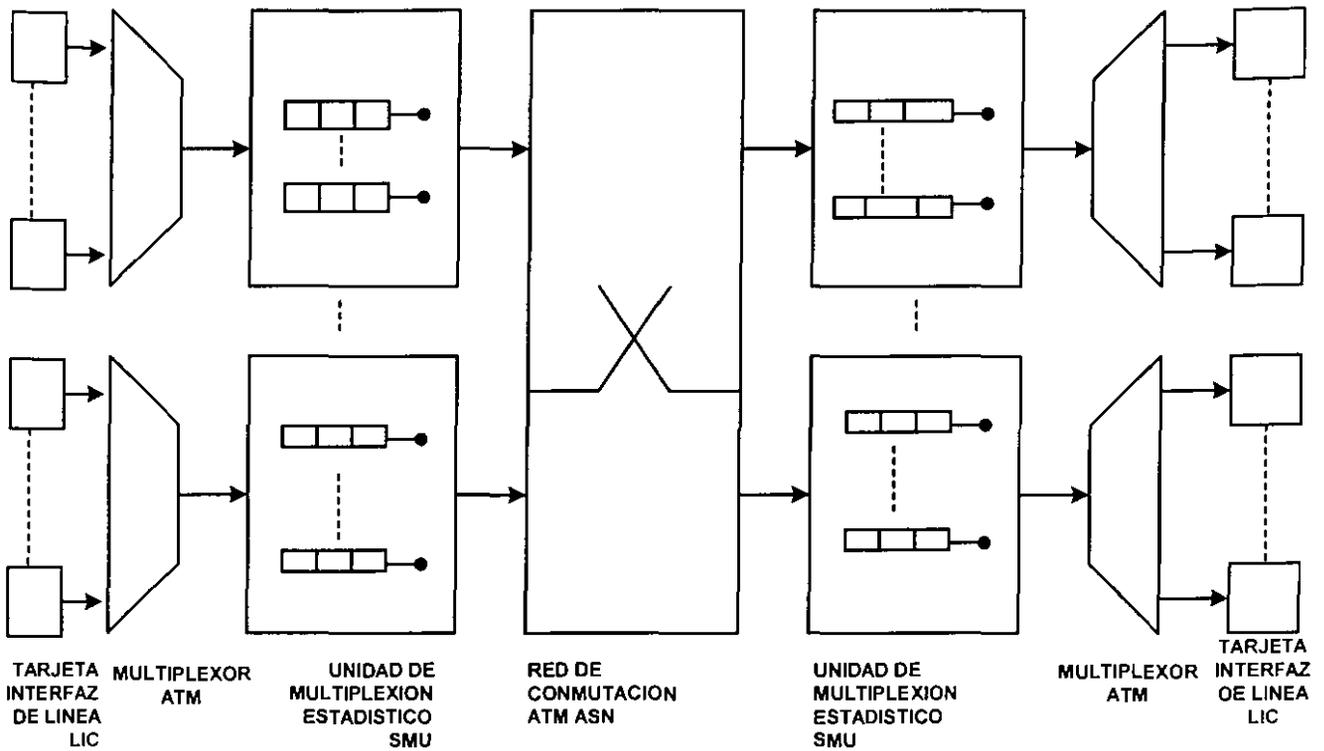
Figura 7.3.2

Por la figura anterior podemos discernir acerca de la virtualidad de Internet.

*La tecnología ATM es un sistema orientado a conexión; facilita actividades interactivas entre LAN y WAN y da solución al "interworkink" de muy alta velocidad y a los servicios interactivos de vídeo, HDTV ó tráfico multiservicios ó servicios multimedia integradores de recursos gráficos y sonoros.*

ATM es el eje tecnológico de desarrollos de conmutación futuros. Incluye centrales de conmutación como arquitecturas completas de red con tarjetas adaptadoras de red, concentradores [hubs], enrutadores [routers ]. ATM ofrece, por tanto, servicios de transporte y conmutación.

Los Switch ATM soportan aplicaciones en tiempo real y no real para satisfacer la calidad de los servicios QoS. El Switch es el corazón de ATM, es un dispositivo de conmutación que toma los mensajes en los puertos entrantes de conexión para enviarlos a salidas predeterminadas mediante memorias compartidas tipo buffer. Figura 7.3.4



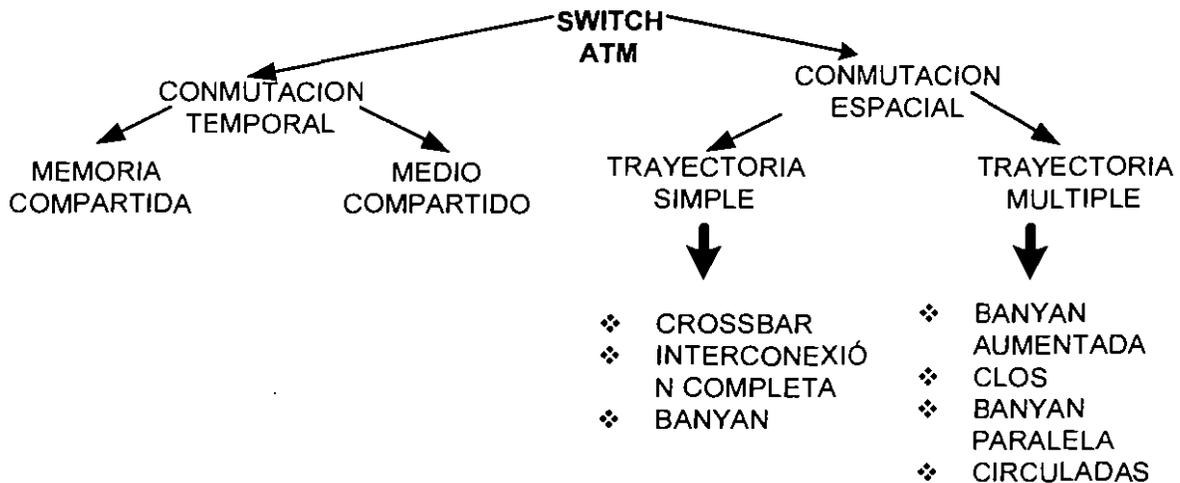
**ARQUITECTURA DE SWITCH CON SMU**

Figura 7.3.4

La **SMU** es una interfaz inteligente basada en la técnica **STDM**, es decir, en la aplicación de **multiplexores estadísticos asíncronos**, los cuales, aceptan una serie de líneas E/S provenientes de los multiplexores síncronos ATM, quienes, son utilizados para multiplexar tráfico desde varias líneas de interfaz LIC que operan a diferentes velocidades hacia una interfaz interna de alta velocidad SMU. *De hecho, la SMU puede ser omitida si el multiplexor ATM transporta tráfico en tiempo real. De otra forma, SMU encapsula las entradas y salidas y mantiene las funciones de control de tráfico necesarias para soportar multiplexaje estadístico de tráfico en tiempo no real. Las salidas de SMU están interconectada al Switch ATM, el cual, utiliza varias etapas de conmutación espacio-temporales tipo TSSST.*

La arquitectura de la red de conmutación de ATM es una malla ó matriz con trayectorias internas por donde las celdas transitan buscando una salida. En la matriz debe de resolverse el problema de conservar intactas a las celdas con una probabilidad  $10^{-10}$ .

Las funciones de enrutamiento se efectúan a nivel de hardware. La manera de organizar los elementos de la conmutación en el hardware nos remite a la topología de la matriz de conmutación. La conmutación temporal y la velocidad de acceso a las memorias definen el esquema de conmutación, razón suficiente, para que los Switch ATM se puedan clasificar de la siguiente forma:

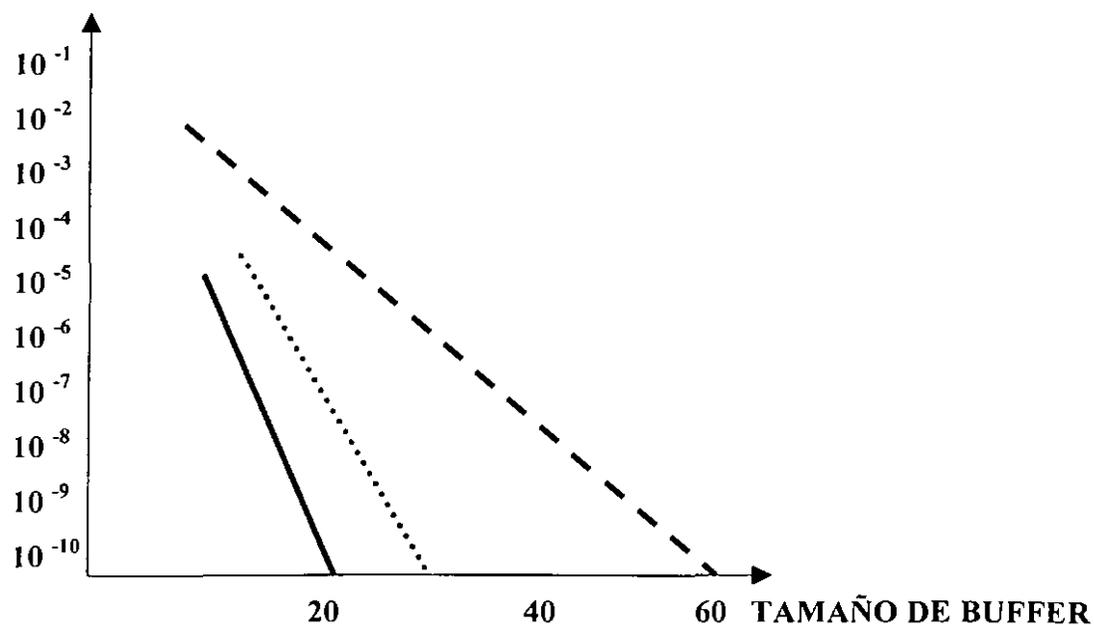


Posteriormente mencionaremos que los "Switch" también se clasifican de acuerdo a las aplicaciones y las cargas de trabajo.[locales, de acceso y dorsales].

**Los sistemas ATM con memoria compartida** están constituidos por memorias de alta velocidad que es compartida en los puertos de entrada y salida. Las celdas que llegan al puerto de entrada se multiplexan en un solo flujo a través de una lógica de arbitraje, posteriormente se inscriben en las memorias. Se requiere una conversión serie a paralelo para que pueda escribirse secuencialmente en memorias tipo RAM [write]. Esta RAM se organiza en un **sistema de espera con encolamientos lógicos**, una para cada puerto de salida. *Un controlador de memoria* decide el orden en que las celdas son leídas de la memoria, basándose en las etiquetas internas de enrutamiento. Las celdas en las colas de los puertos de salida también se multiplexan en un solo flujo, se leen en la memoria, se desmultiplexan y se transmiten por las líneas de salida. Igualmente, las celdas que van saliendo se convierten en paralelo a serial al escribirse en los puertos de salida. Así se observa en la figura 7.3.4

La desventaja de este método reside en el tiempo de acceso a la memoria, velocidad que es proporcional al ancho de banda que manejan los puertos, es decir:  $N \cdot AB$ . Por ejemplo, si la frecuencia de reloj del Switch ATM es de 100 Mhz, el período de tiempo de acceso de acceso a la memoria correspondiente es de  $t_c=10$  nanosegundos por ciclo. Todas las celdas deben ser transferidas con un retraso pequeño. Si se tienen  $N$  puertos, la memoria debe de trabajar  $N$  veces más rápido que la velocidad que adquieren los puertos, porque las celdas tienen que leerse y escribirse una a la vez. El controlador de la memoria debe de procesar el encabezado de las celdas y las etiquetas de enrutamiento a la misma velocidad que la memoria. Esto dificulta la implementación de prioridades y el *Multi-casting*. Pero también tiene sus ventajas, hay menos probabilidades perdida de celdas y la transmisión es mucho más justa cuando llega una ráfaga porque los puertos de salida inactivos pueden prestar memoria a otros que están muy cargados de datos en ese momento. El método de memoria compartida es útil para Switch pequeños, además, tiene un enfoque de encolamiento de salida donde todos los buffers pertenecen a un buffer común. Tiene un gran desempeño bajo condiciones de mucha carga. La compartición del buffer minimiza la cantidad de buffers necesaria para lograr una razón aproximada de transmisión de celdas. Si una ráfaga muy grande de tráfico se direcciona a una sola salida, la memoria compartida puede absorber gran parte de ella.

### PROBABILIDAD DE PERDIDA DE CELDAS



En realidad la arquitectura de los Switch es sumamente compleja, existe un sinnúmero de consideraciones que se usan para el diseño de los módulos de conmutación SM - hasta 64 módulos para BANYAN-, por ejemplo; también, está el tamaño  $j \times j$  del elemento de red [ISE, Integrated Switch Element] y su relación con los accesos a memorias con tecnología CMOS - accesos del orden de los nanosegundos- , el número de etapas de multitrayectorias hasta 32 etapas, por solo mencionar algunas consideraciones que no están al alcance de nuestro tema; todos estos aspectos pueden abordarse, específicamente, aplicando métodos probabilísticos de Bernoulli y Poisson en sistemas de espera con series de tiempo para el análisis de los encolamientos de las celdas, además, de los estudios avanzados de *ruteo* y tráfico telefónico.

La desventaja del método de memoria compartida reside en el tiempo de acceso a la memoria. Todas las celdas deben ser transferidas con un retraso pequeño. Con N puertos la memoria debe de trabajar N veces más rápido que la velocidad de los puertos porque las celdas tienen que leerse y escribirse una a la vez. El controlador de la memoria debe de procesar los encabezados de las celdas y las etiquetas de enrutamiento a la misma velocidad que la memoria. Esto dificulta la implementación de prioridades y el *Multi-casting*. Pero también tiene sus ventajas; hay menos probabilidad de pérdida de celdas y la transmisión es mucho más justa cuando llega una ráfaga porque los puertos de salida inactivos pueden prestar memoria a otros que están muy cargados de datos en ese momento.

La memoria compartida es un enfoque de encolamiento de salida donde todos los buffers pertenecen a un buffer común. Tiene un gran desempeño bajo condiciones de mucha carga. La compartición de buffer minimiza la cantidad de buffers necesaria para lograr una razón aproximada de transmisión de celdas. Si una ráfaga muy grande de tráfico se direcciona a una sola salida, la memoria compartida puede absorber gran parte de ella.

Tecnológicamente los Switches por memoria compartida esta fundamentada en el uso técnico de la multiplexación por división en el tiempo TDM aplicada en las matrices espaciales multietapa. El conmutador de la central telefónica digital TST ha evolucionado [dentro del esquema: tiempo-espacio-tiempo TST] desde arquitecturas tipo Crossbar electromecánicas hasta la vinculación actual de conmutación electrónica en el dominio del tiempo de N slot de entrada y salida de un selector de conmutación digital.

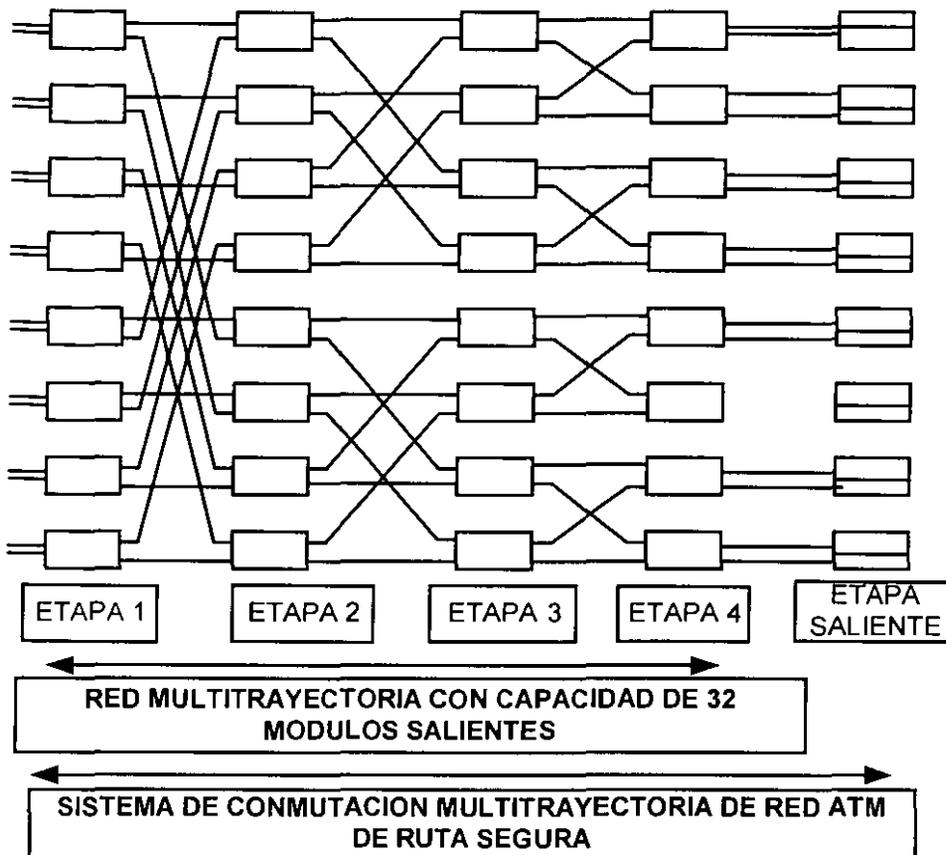


FIGURA 7.3.5  
MULTITRAYECTORIAS  
DE RED DE RUTA  
SEGURA TIPO  
BANYAN

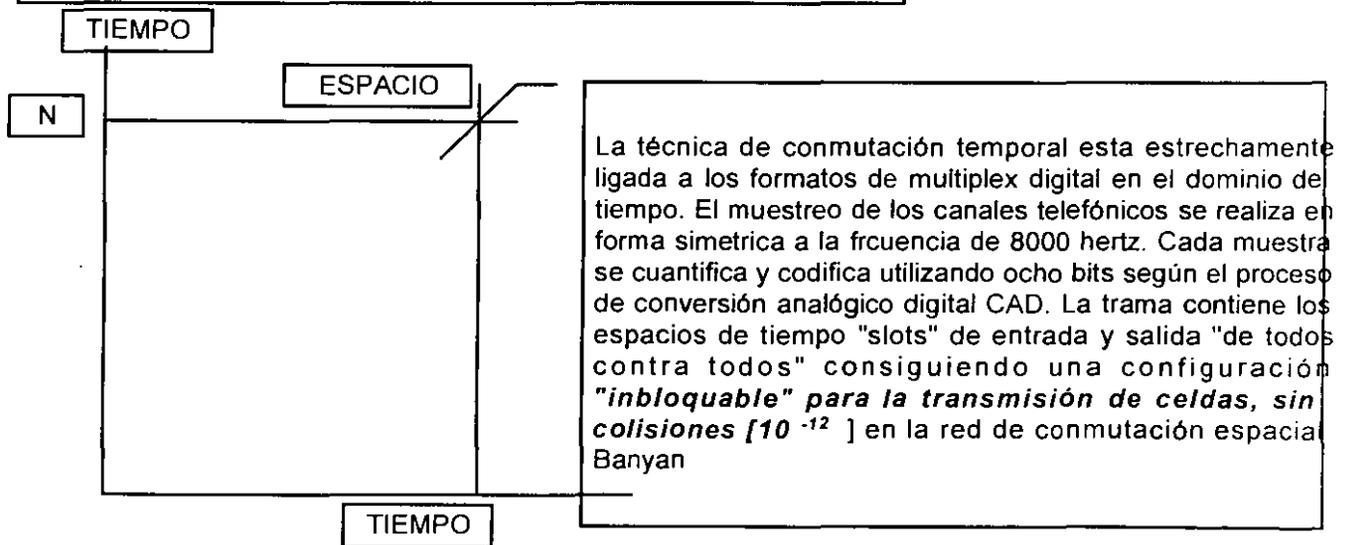


FIGURA 7.3.6  
ESQUEMA TST [TIEMPO-ESPACIO-TIEMPO] UTILIZADO EN LAS ETAPAS DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS Y/O CELDAS DE ATM

Las figuras 7.3.5 y 7.3.6 muestran sintéticamente la filosofía del sistema de conmutación espacio temporal usado en la tecnología ATM. No advierten, sin embargo, la funcionalidad de las memorias [buffers], y tampoco, que estas pueden ubicarse ya sea al principio, en las etapas intermedias ó al final de ellas, tal como se muestra en la Figura 7.3.4.

Como referencia informativa, debe notarse que los actuales sistemas digitales de conmutación usados en centrales telefónicas es aplicada una metodología parecida en sus subsistemas de conmutación de abonado y selectores de grupo, al explotar un diseño por etapas TST que denota no un paradigma sino una evolución discreta. Por cierto, el tipo de tecnología que decidió agregar al propio sistema de conmutación espacial del sistema de conmutación [selectores basados en memorias y flip-flops] un sistema de transmisión PCM de primer orden con 32 canales de voz fue, precisamente, la aplicación de la conversión analógico-digital CAD que favoreció el uso de la palabra digital de ocho bits para el procesamiento de información y, también, la predisposición de flujo de bits en serie para el alineamiento de las tramas de información y la iniciación formal de la sincronización de transmisores y receptores de una red de datos y de información. La previa generación de centrales telefónicas ó Switch analógicos electromecánicos describían su tecnología tan solo por su matriz espacial en formas de selector de cruce Crossbar ó de los selectores de movimiento radial generado por motores y engranes para 500 abonados ó lo que se estilaba en los Switch's semielectrónicos con selectores de código con relevadores de lengüeta

---

**NOTA:** En realidad son 512 canales de voz por cada módulo de conmutación temporal TSM de los cuales existen internamente como máximo en la central telefónica la cantidad de 128 canales conectados al módulo de conmutación espacial SPM, es decir una capacidad total de 512 canales memorizables x 128 módulos TSM = 65536 cruces fijos conmutables de voz ó 65536/2 entradas y salidas de circuitos de voz. De hecho cada módulo existente en la central digital tiene redundancia que asegura una mínima congestión interna, con salidas inbloqueables. El problema básico de estos sistemas de conmutación en comparación de los sistemas de conmutación por celdas ATM, es que conmutan circuitos de trayectoria FIJA de origen y destino con un casi inexistente procesamiento de encabezado ni de tablas de direccionamiento dinámicas.

---

ATM es una tecnología que agrupa las técnicas de conmutación con las de transmisión. Como en la "conmutación" ATM la exigencia es incrementar la velocidad de acceso a las arreglos de memorias compartida, se robustece la aplicación de tecnología tipo MOS, la cual, gratifica con accesos a las memorias cercanos a los 15 nanosegundos en la realización de conexiones en modo virtual. Una de sus características mas importantes de las redes ATM es que son orientadas a conexión y que mientras, esta misma subyace, la red asigna un camino fijo para todas las celdas con información mientras dure la conexión.

Un conmutador ATM establece tablas de conmutación de entrada y salida con circuitos virtuales VCI contenidos en las trayectorias virtuales VPI al establecer una conexión. Las tablas de conmutación permanecen válidas mientras dura la conexión de voz, vídeo ó datos. Una vez establecidas las conexiones las tablas permanecen en una relación lógica de conmutación por tramos de nodo a nodo, permitiendo que cada celda sea enrutada a su destino final. En las conexiones virtuales se establecen procedimientos de negociación de volumen promedio y máximo de celdas, de la misma manera que se negocia el CIR en tecnología Frame Relay

Los trayectos virtuales llevan encabezados de cinco octetos que son procesados en los nodos ATM. En el caso de conmutadores tandem [cross-connect] se requiere menos procesamiento para unir grupos de canales virtuales entre nodos. La estructura de las celdas y los encabezados tienen los formatos respectivos para las interfaces UNI y NNI cuando las celdas transitan por estas interfaces. Los enlaces entre nodos ATM pueden ser una plataforma plesiocrona PDH ó síncrona SDH, en el primer caso existe la justificación de celdas, no así para aplicaciones síncronas multimedia usadas al tratar de crear diagnósticos remotos a pacientes mediante escaners, terminales de rayos X ó tomografías de alta resolución en los que el uso del ancho de banda y la propia velocidad de transmisión transcurren con grandes retardos. Vale la pena apreciar que al usar la red de circuitos conmutados, poco sofisticadas, eficaces y apropiadas para datos ó servicios isocronos de voz ó vídeo se nota el requerimiento de enlaces con mínima latencia. Algo parecido sucede al usar redes X.25. La nuevas necesidades han promovido el desarrollo de una red única tipo ATM capaz de soportar simultáneamente una amplia gama de servicios con soluciones específicas de velocidad, sincronización y latencia. Es decir, se trata de disponer de redes que proporcionen un ancho de banda variable, transparente a los protocolos

utilizados y con una latencia mínima. Con estas especificaciones y basándose en la conmutación por paquetes es como ha aparecido el **estándar ATM** que reclama para si la predictibilidad de las redes de circuitos y la flexibilidad de las redes por paquetes.

Para lograr congruencia en el desempeño [performance] como conmutador y protocolo de transporte ATM emplea los principios que le han dado relevancia a los **multiplexores estadísticos** supliendo las necesidades de los "usuarios premier" para servicios isocronos de alto volumen de información como:

- ❑ los servicios de videoconferencia,
- ❑ interconexión con redes LAN [LAN Emuladas],
- ❑ transferencia de archivos de datos para caso de bodegas de datos [warehousing]
- ❑ aplicaciones de alta resolución gráfica.

La red de transporte ATM semeja a un bus de múltiples accesos de VC4 en SDH en donde la información contenida en celdas puede ser extraída o insertada en función de los octetos del encabezado [overhead] en cualquier nodo de la red ATM en forma asíncrona. A diferencia del modo de transporte síncrono, donde las trayectorias son reales y permanecen conectadas a través de los contenedores virtuales. Con su corto encabezado ATM controla la extracción, la inserción a los puertos y el enrutamiento.. Para ello utiliza las tablas de estado en forma dinámica:

| ENTRADA |           | SALIDA |           |
|---------|-----------|--------|-----------|
| PUERTO  | VPI / VCI | PUERTO | VPI / VCI |
| 1       | 29        | 2      | 45        |
| 2       | 45        | 1      | 29        |
| 1       | 64        | 3      | 29        |
| 3       | 29        | 1      | 64        |



Figura 7.3.6 A

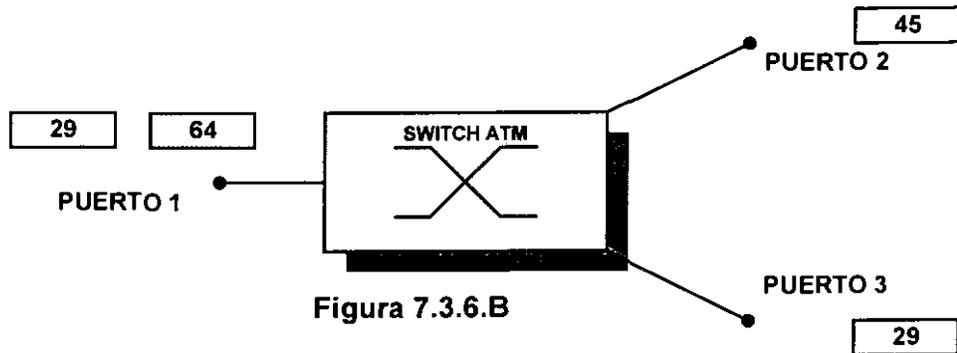
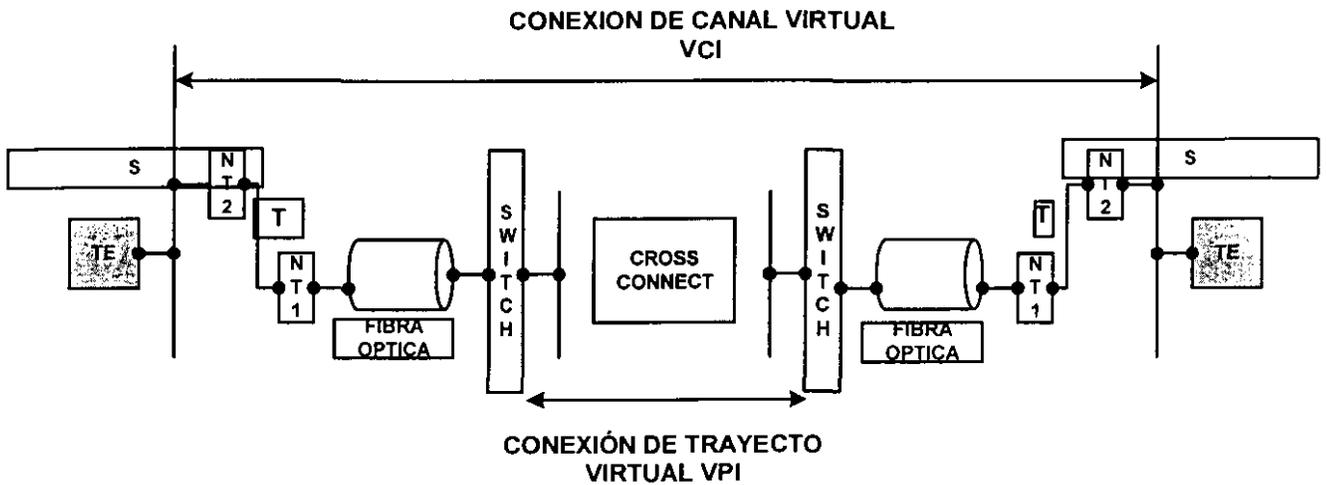


Figura 7.3.6.B



TE: equipo terminal  
 NT1: terminación de red tipo 1  
 NT2: terminación de red tipo 2  
 SWITCH: Conmutación VPI / VCI

Figura 7.3.6.C

El transporte de información en un sistema ATM de un canal lógico de entrada a uno de salida se realiza cuando se establece un circuito virtual permanente o conmutado PVC ó SPVC ó SVC. Los puntos de origen y destino están definidos en las tablas dinámicas de ruteo del Switch; a la conexión se le asocia un puerto de entrada y uno de salida así como un par de identificadores de trayectoria y circuito virtual VPI/VCI, ver tabla de ejemplo y Figura 7.3.6.A,B y C. El identificador de la conexión virtual VPI/VCI puede cambiar a lo largo de la red, cada Switch o nodo ATM asigna a las celdas un VPI/VCI que no esta ocupado en su propia tabla de enrutamiento de la misma manera sucede en todos los protocolos orientados a conexión que utilizan encabezados [overhead] ó etiquetas [label].

Cuando las celdas pasan por los Switch's los enlaces virtuales quedan definidos por la relación VPI/VCI y se diferencian solo en la interfaz UNI por el uso del octeto GFC de control de flujo genérico que aparece en el encabezado de cinco octetos de la trama ATM. **El valor de VPI/VCI es único a nivel de interfaz, y puede ser reutilizado en cualquier otra parte de la red.**

El protocolo ATM tiene dos objetivos básicos:

1. Conmutar las celdas a la más alta velocidad posible sin perdida de la información contenida en la carga útil [payload]. Aunque en casos de congestión se llegan a sacrificar algunas celdas en razón de la probabilidad de colisiones del orden de  $10^{-12}$  celdas.
2. Establecido el circuito virtual y consultadas las tablas de ruteo las celdas nunca deben cambiar el orden de secuencia.

Para lograrlos un factor esencial es la gestión eficiente de la matriz espacial en la conmutación de múltiples celdas de diferentes puertos de entrada que pueden ser transferidos de manera concurrente a través de varios enlaces. Cada celda requiere de una trayectorias fisica dedicada entre los puertos de entrada y salida De esta manera, el control puede distribuirse en el Switch.

Una red de conmutación ATM esta constituida por nodos ATM que son capaces de encaminar la información empaquetada en celdas a través de los enlaces conocidos como "canales virtuales" VC. El enrutamiento dentro de los nodos conmutados de celdas es un proceso de hardware, mientras que el establecimiento de canales virtuales y el empaquetamiento y desempaquetamiento de las celdas son procesos de software. La ruta virtual VP es un conjunto de canales virtuales que atraviesan multiplexadamente un tramo de la red ATM. Los VP facilitan la conmutación de los canales virtuales, pues conectan tramos enteros de la red ATM. De no existir, por cada conexión entre usuarios habría que reelaborar todas las tablas de ruteo (routing tables) de los nodos atravesados, lo cual supondría un incremento en el tiempo de conexión.

| CLASE DE TRAFICO         | APLICACION                             | ANCHO DE BANDA                   | QoS   |
|--------------------------|--|----------------------------------|---|
| CBR Velocidad Constante  | Voz y TV digital                       | 32 kbps - 2 Mbps                 | Isocrono<br>Baja perdida de celdas<br>Bajo Jitter                     |
| VBR Velocidad Variable   | Videoconferencia<br>Multimedia         | 32 kbps - 2 Mbps<br>(promedio)   | Bajo Jitter<br>Multiplexor Estadístico                                |
| ABR Velocidad disponible | Datos interactivos<br>Cliente/Servidor | 1 Mbps - 10 Mbps<br>(valor pico) | Baja perdida de celdas<br>Velocidad de ráfaga alta<br>Alto "delay" OK |

Tabla 4.0

#### 7.4. CALIDAD, CATEGORIAS DE SERVICIO Y PARAMETROS DE TRAFICO EN ATM

El estado del arte de todas las redes de telecomunicaciones multiservicios actuales es soportar los multiplexores de alta velocidad asincronos, es decir, que una alternativa a la TDM síncrona tradicional es la TDM estadística, también, denominada **TDM asíncrona ó inteligente**. El multiplexor estadístico aprovecha su propiedad para manejar tráfico bajo demanda y dinámicamente las subdivisiones de tiempo ó "slot's". Este tipo de multiplexor satisface a las diferentes calidades de servicios QoS en aplicaciones de tiempo real y no real en redes ATM. De hecho, con la técnica TDM estadística se aprovecha el hecho de que los dispositivos conectados a la UNI no transmiten durante todo el tiempo, la razón de datos de la línea multiplexada es menor que la suma de las razones de datos de los dispositivos conectados, de esta manera, el multiplexor asíncrono MA puede utilizar una razón de datos menor aún teniendo el mismo número de dispositivos conectados que un multiplexor síncrono MS. O dicho de otra manera, si un multiplexor asíncrono y otro síncrono utilizaran el mismo enlace con la misma razón de datos, el MA podría dar servicio a mas dispositivos y, por lo tanto, utilizar más eficientemente el ancho de banda en la línea.

El Foro ATM, según QoS diferenciales ha categorizado en cinco diferentes categorías a los servicio ATM. Para velocidad constante de bits CBR y variable en el tiempo real rt-VBR las aplicaciones requieren precisión en la velocidad. Las otras tres categorías de velocidades de bits en tiempo no real (nrt-VBR), velocidades permitidas ABR y velocidades sin especificar UBR, son pensadas para aplicaciones de tiempo no real que, en realidad son menos sensitivas.

En el manejo variado de tipos de tráfico, con ATM se simplifica la infraestructura de las redes de telecomunicaciones reduciendo los costos de operación y mantenimiento, ya que facilita tener una sola red de conmutación para el transporte de voz, vídeo y datos.

Para tecnologías multiservicios, la capa ATM ofrece diferentes clases de conexiones denominadas categorías de servicio y capacidad de transferencia. Estas categorías de servicios permiten agrupar los circuitos virtuales ATM [PVC, SVC, SPVC] según los parámetros QoS en:

- CBR para velocidades constantes.[Es el servicio con más alta prioridad.
- rt-VBR para velocidades variables en tiempo real
- nrt-VBR para velocidades variables en tiempo no real
- UBR para velocidades sin especificar
- ABR velocidades disponibles

| CATEGORIA DE SERVICIO | PARAMETROS DE TRAFICO               | PARAMETROS DE QoS | TIPO DE INFORMACION                                       |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|---|
| CBR                   | PCR                                 | CDV<br>CTD<br>CLR | Vídeo, voz<br>Voz comprimida<br>Vídeo comprimido<br>Datos |
| rt-VBR                | PCR<br>SCR<br>MBS                   | CDV<br>CTD<br>CLR | Voz comprimida<br>Vídeo comprimido<br>Datos               |
| nrt-VBR               | PCR<br>SCR<br>MBS                   | CLR               | Datos   |
| UBR                   | PCR (velocidad de enlace de acceso) | Ninguno           | Datos   |
| ABR                   | PCR<br>MCR                          | CLR               | Datos   |

**Tabla 4.1**

La capa ATM de la Según la Figura 7.3.1 es el núcleo sobre el que se vértebra la tecnología de relevo ó conmutación de celdas. Sus funciones, fundamentales y comunes a cualquier nodo, se encargan de la manipulación de celdas ejecutando los procesos de:

1. Construcción de las cabeceras de 5 octetos en las cuales se identifica al canal virtual, información para la detección de errores y descarte de celdas.
2. "routing" que se realiza mediante etiquetas de direccionamiento entre los nodos ATM.. A la capa ATM solo le incumbe esta información con excepción de las celdas de O&M.
3. multiplexión (demultiplexión) de celdas de 48 octetos de carga útil.

El contrato de servicio ATM entre un usuario y quién administra la red es un acuerdo acerca de la calidad de servicio requerido de la red y las características del tráfico generado por el usuario. La idea principal detrás del contrato de servicio es que los usuarios

sean capaces de decir que tipo de servicios requieren para cada conexión y que la red, por su parte, pueda monitorear y tener el control del tráfico de acuerdo a lo pactado con los propios usuarios. Los parámetros de calidad de servicio QoS son necesarios para definir los objetivos de desempeño de la red. En la interfaz UNI-ATM se negocian tres parámetros QoS: CTD (Call Transfer Delay), CDV (Call Delay Variation) y CLR (Call Loss Ratio).

El CTD se define como el **máximo tiempo de transito de un punto extremo a otro.** Es función de las velocidades de transmisión, de los retardos de propagación en los enlaces y de los retrasos en los "encolamientos" de los Switch's. El CDV es la diferencia **entre el máximo y el mínimo tiempo de transito de las celdas entre puntos extremos.** Es función principalmente, de la variabilidad de los retrasos de las colas de espera. Finalmente, el CLR se define como el número de celdas perdidas dividido entre el número total de celdas transmitidas. Es una función de la tasa de error del medio físico y de los algoritmos de control de congestión usados en los Switch's ATM: La calidad de servicio requerida para cada aplicación es muy variable. Por ejemplo, los datos son muy sensibles al CLR e insensibles al CTD y al CDV; asimismo, el vídeo a la demanda es muy sensible al CDV y moderadamente sensible al CTD y al CLR.

Existen otros parámetros de QoS que miden el desempeño de la red, pero su negociación aún no se ha estandarizado. Entre estos parámetros se puede citar el CER (Cell Error Ratio) que es la fracción de celdas que se entregan con error, CMR (Cell Misinsertion Ratio) que es el número de celdas entregadas a un receptor equivocado por unidad de tiempo y SECBR (Severly-Erroned Cell Block Ratio) que es la fracción de bloques de tamaño fijo que contiene mas de un número determinado de celdas con error.

Los **parámetros de tráfico** indicados en la tabla 4.1 permiten describir las características de emisión de la fuentes de información y se utilizan para asegurar la correcta asignación de recursos dentro de la red. Para representar las características de tráfico de una conexión se definen los siguientes parámetros: PCR (Peak Cell Rate), SCR (Sustained Cell Rate), MBS (Maximum Bursts Size), MCR (Minimum Cell Rate), CDVT (Cell Delay Variation Tolerance). Los parámetros PCR, SCR, MBS y MCR constituyen el descriptor de tráfico de la fuente de información, mientras que el CDVT es un descriptor de la red. Una conexión bidireccional tiene dos conjuntos de descriptor, uno para cada dirección de la comunicación. El PCR representa la velocidad de emisión pico de la fuente

y su inverso representa el tiempo mínimo de llegada de celdas a la red. El SCR es la velocidad media de emisión y su inversa representa el promedio de celdas entre llegadas de las celdas. El MBS especifica el factor de ráfaga de la conexión, es el máximo número de celdas que se pueden transmitir a PCR en una ráfaga y seguir cumpliendo con el SCR negociado. El SCR siempre se especifica con un MBS correspondiente. El MCR representa el mínimo ancho de banda requerido por la conexión en cualquier momento.

El CDVT caracteriza la variabilidad en el intervalo de transmisión de celdas consecutivas de una conexión en la UNI. SE usa en conjunto con el monitoreo del PCR para asegurar que las celdas que fueron generadas en intervalos correctos pero que sufrieron algún retraso y agrupamiento en el equipo de acceso a la red del usuario aún cumplan con las características de sus descriptores de tráfico. El retraso se produce inevitablemente debido a efectos de multiplexaje de varios circuitos virtuales del usuario sobre un mismo enlace físico de acceso. Básicamente, el CDVT agrega cierta tolerancia en la separación de las celdas transmitidas a PCR.

En cuanto a las cinco categorías de servicio QoS el manejo de distintos tráfico en ATM simplifica la estructura de telecomunicaciones y reduce costos de operación ya que permite tener una sola red multiservicios de transporte VVD. Párrafos anteriores se indica que la capa ATM ofrece diferentes clases de conexiones a los usuarios, estos pueden utilizar una combinación de ellos según sus necesidades. La red por su parte, utiliza las QoS para asignar eficientemente los recursos de la red y ofrecer servicios con diferentes relaciones de costo / desempeño.

CBR es el servicio con más alta prioridad. Cada conexión CBR tiene su propio ancho de banda asignado fijo, caracterizado por el PCR; el resto de la capacidad esta disponible para conexiones asociadas con otras categorías. Transporta tráfico constante que forzosamente debe cumplir con requerimientos de retraso especificados por CTD y CDV. La voz la videoconferencia y la emulación de circuitos digitales de alto orden son ejemplos de aplicaciones que pueden utilizar este servicio. La UIT-T 1 denomina como capacidad determinística DBR (Deterministic Bit Rate). En cambio, VBR se utiliza para transportar tráfico generado por ráfagas, tiene dos modalidades: rt-VBR y nrt-VBR. La primera es una buena forma de transportar tráfico sensible al retraso utilizando menos ancho de banda que el CBR. Las aplicaciones de voz y vídeo comprimido utilizan el servicio rt-VBR . La

velocidad de transmisión de estas aplicaciones varía con el tiempo y puede especificarse mediante PCR, SCR y MBS. Tanto el CTD como el CDV deben controlar estrictamente pero ocasionalmente puede tolerarse la pérdida de celdas. nrt-VBR se utiliza también para tráfico en ráfagas, pero requiere un CLR bajo y no da garantías de retraso. Algunas aplicaciones típicas de nrt-VBR son: transacciones bancarias, monitoreo de procesos y consultas a base de datos SCP. La categoría nrt-VBR recibe el nombre de capacidad de transferencia SBR (Statiscal Bit Rate)

La primera generación de Switch ATM típicamente tenían pequeños buffers FIFO integrados en las redes de conmutación y en las tarjetas en línea. Estos conmutadores eran diseñado para manejar conexiones CBR. El multiplexaje estadístico, si es soportado del todo, es limitado a conexiones rt-VBR con "peak cell rate" PCR.

Para la atención de un gran número de **celdas los buffers**, nuevas funciones de tráfico de control son requeridas para soportar en forma eficiente las categorías de servicios de tiempo no real rt-VBR, ABR y UBR.

Una arquitectura ATM satisface todos los requerimientos considerados antes con la ayuda de un modulo llamado unidad de multiplexaje estadístico SMU. La arquitectura presentadas es escalable para pequeños hasta grandes estructuras de Switch.. Desde que los SMU encapsularon la funcionalidad adicional requerida para las categorías de servicio en tiempo no real, estas pueden ser usadas para agregar buffers mayores a los Switch convencionales de ATM en un camino de costos efectivos. El enfoque principal esta formado por dos componentes de SMU llamados calenderización de celdas y funciones de mantenimiento de buffer.

## BIBLIOGRAFIA

- ⇒ Acosta, Briseño M. Nancy y Flores, Mosri, Alejandra, "Propuesta para la Integración de ATM en la Red Frame Relay de UNINET, Tesis, ITAM, México, D.F, 1997.
- ⇒ Adamson, A. Thomas, "Electronic Communicatios", Delamar Publishers, Inc, 1992.
- ⇒ Bhatnagar, P.K. "Enginerring Networks for Synchronization, CCS7 and ISDN: Standars, protocols, planning and testing" IEEE Communications Society, sponsor, CMM-S Liaison to IEEE Press, Salah Aidorous, 1997
- ⇒ Black, Uyles, D. "Emergint Communications Technologies, Prentice Hall, Inc, 1999.
- ⇒ Black, Uyles D., "ATM, Foundation for Broadband Networks" Prentice Hall, Inc, 1995.
- ⇒ Cairo, Battistutti, Osvaldo, " Apuntes del Diplomado de Inteligencia Artificial en los Negocios" ITAM, México, D.F., 1999
- ⇒ Coombs, F. Clyde Jr and Coombs Catherine Ann,, " Communications Networks Test and Measurement Handbook. McGraw-Hill, 1998
- ⇒ Chen, Thomas M. And Liu, S. Stephen, "ATM Switching Systems" Atech House, Inc, 1998.
- ⇒ Anders Hellman and Kjell Jonsson, Ericsson, Telecom AB and Telia AB and Student Litteratur
- ⇒ I-II, 1997.
- ⇒ Ericsson Telecom AB, " Stockolm Sweden" Intelligente Networks. AXE Service Script Concept Survey Course", CIETE, LM Ericsson, México, 1994.
- ⇒ Faynberg, Igor and Gabuzda, R. Lawrenceand Kaplan P. Marc and Shah J. Nitin, "The Inteligent Network Standars" Their Application to Service, McGraw-Hill, 1997.
- ⇒ Halsall, Fred, " Data Communication, Computer Network and Open System, four edition, Addison-Wesley, Publishing Company, 1996
- ⇒ Hauser, Askalani, Karin, Telecomunicaciones Internacionales, Liberalización en México y el caso de la Televisión Via Satélite, Tesis ITAM, México, D.F, 1998.
- ⇒ Hewlett-Pakard, "Unidad de Sincronización de Red HP 55400-A, Noviembre, 1996.
- ⇒ Jacques, Marcellin, Sergio, "Inteligencia Artificial, Aprendizaje y Sistemas Expertos", IIMAS, UNAM, México, D.F., 1997.
- ⇒ Kemper, Valverde, Nicolas C, Sistema Experto Aplicado al Uso Eficiente de Energía en Iluminación Industrial, Tesis de Maestría en Energética, Facultad de Ingeniería UNAM, México, D.F., 1991

- ⇒ Leick, Alfred, "GPS Satellite Surveying", Jonh Wiley & Sons, Inc., 1995
  - ⇒ Meyr, Heinrich and Moenecklaey, Marc and Fechtel A. Stefan, "Digital Communications Receivers: Synchronization, Channel Estimation and Signal Proccesing" A Wiley-Inerscience Publication, Jonh Wiley & Sons, Inc., 1998
  - ⇒ Oppenheim, V, Alan and Willsky, S. Alan, "Señales y Sistemas, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1994
  - ⇒ Raif, O. Onvural, "Asynchronous Transfer Mode Networks" Performance Issues, Artech House, Inc., 1995
  - ⇒ Reeve D. Witam, "Subscriber Loop Signaling and Transmision Handbook Digital", IEEE Telecommnications Hanbook Series., 1995
  - ⇒ Russel, Stuart and Norvig, Peter, "Inteligencia Artificial un Enfoque Moderno", Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1996
  - ⇒ Salah, Aidorous and Plevyak, "Telecommunications Network Management IEEE Communications Society., 1998
  - ⇒ Siller, A. Curtis, Jr aT&T Bell Laboratories and Shafi, Mansoor, Telecom Corporation of Zealand, SONET / SDH, IEEE Press, IEEE Communications Society., 1994
  - ⇒ Smith, Michael J.S, "Application-Specific Integrated Circuits" Addison Wesley Longman, Inc 1997
  - ⇒ Stallings William, "Comunicaciones y Redes de Computación, quinta edición, Prentice Hall, Internacional., 1997
  - ⇒ Stalling, William, ISDN and Broadband, second edition, Macmillian Publishing Company, 1992
  - ⇒ Tanenbaum, S. Andrew, "Sistemas Operativos Distribuidos, Prentice Hall, Hispanoamericana, S.A., 1996
  - ⇒ Van Bosse, Jonh G., "Signaling in Telecommunications Network", Jonh Wiley & Sons Inc, New York., 1998.
- 
- ⇒ Manuales de Referencia de Equipos AXE, PCM y SSCC#7, LM Ericsson.
  - ⇒ Manual de Referencia SDH de Alcatel
  - ⇒ Manual de Referencia de Sistemas de Transmisión Sincronos, Wandel & Goltermann
  - ⇒ Plan Fundamental de Sincronización de TELMEX, 1996.

- ⇒ Revista Técnica de Telecomunicaciones, 2/1991, edición Especial, Jerarquía Digital Sincrona, PHILIPS
- ⇒ Serie de Notas Técnicas, de SDH, PCM, RDSI y Señalización No. 7, GN Elmi, Dinamarca, [1991].
- ⇒ Manual de Referencia ANT-20, ANT-20E Option File SDH/SONET, Wandel & Goltermann GmbH & Co. Electronic Measurement Technology, 1997.