

4. Planificación de la Transmisión

4. 1. Plan de Transmisión

El Plan de Transmisión, es una parte de los Planes Fundamentales Técnicos, de aplicación tanto para la creación de nuevas redes, como para la ampliación de las redes existentes y para el control, en la mira de entregar un buen servicio. El objeto del Plan de Transmisión es el establecimiento de canales destinados a cursar señales vocales, de datos y/o de video, entendiendo el pasaje de analógicos a digitales.

El propósito de este capítulo es proveer las directrices dispuestas para la transmisión en una red de telecomunicaciones, en su aplicación a una planificación de red de acceso y de transporte, que permita asegurar la satisfacción, en cuanto a la calidad de transmisión, a la vez de salvar el sobre dimensionamiento de las redes.

Para su desarrollo, se ha tomado como base de cifras y disposiciones, dispuestas por el Plan de Transmisión, emitido por Telecom de Argentina, y recomendaciones emanadas por la UIT, adicionándole breves reseñas a los fines didácticos. Es intención, el emitir un documento de valor internacional.

4. 2. Escenario de aplicación

4. 2. 1. Red de transporte y red de acceso

Vimos que la red de telecomunicaciones está constituida primordialmente por la red de transporte y la red de acceso, la que también se aludido como, red local de abonados y actualmente red de borde. La red de transporte, está constituida por las líneas de enlaces entre las centrales locales y también entre los centros de conmutación de tránsito. Estos últimos enlaces y sus centros tienen el carácter de interurbanos o internacionales.

Mientras que, las redes de acceso están constituidas por las líneas de abonados, las centrales de conmutación locales, su sistema de alimentación y los aparatos terminales. Estos aparatos terminales podrán estar constituidos por aparatos telefónicos, facsímiles, computadoras personales y sus recursos de software y hardware.

4. 2. 2. Red analógica y red digital

Las nuevas redes de transporte son íntegramente digitales y las de acceso están en vías de serlo aunque mantendrán por algún tiempo el carácter mixto de digital y analógico. Por lo que para el diseño, se deben conocer y respetar las características de ambas técnicas. Las nuevas redes digitales admiten una gran flexibilidad en el encaminamiento y en las características de conmutación, siempre que se respeten los aspectos de la transmisión, definidos en el proceso de planificación.

Por otra parte, al mantener las señales analógicas una relación lineal con su fuente, puede variar de modo continuo en el tiempo, adoptando cualquier valor entre un mínimo y un máximo. Las señales vocales no codificadas constituyen su ejemplo típico. La señal digital, en cambio, adopta valores discretos, no siendo necesaria ser producida por un sistema de respuesta lineal, por entrañar la codificación de la información en forma binaria, manifestada solo por unos y por ceros.

El canal empleado para una señal analógica debe ser de respuesta lineal a fin de evitar la distorsión por ausencia de linealidad, los canales destinados a señales digitales, en cambio, sólo deben producir una señal de salida reconocible para cada señal de entrada.

4. 2. 3. Términos recurridos

Para la planificación de la transmisión, las Recomendaciones de la Serie G, en particular la G 101 (11/03) de la UIT-T, actualmente en vigor, han definido ciertos términos, de los que podremos distinguir:

Circuito Telefónico: Circuito de telecomunicación con equipo de terminación asociado, que conecta directamente dos aparatos terminales y/o centrales de conmutación.

Bucle de Abonado o Línea de Abonado: Enlace entre un centro de conmutación público y un aparato telefónico privado o cualquier otro terminal que utilice señales compatibles con la red de telecomunicaciones.

Circuito de Abonado o Circuito Local : Circuito entre la Central Local y el Punto de Conexión de Red (NCP, Network Connection Point), como interfaz entre la red pública y la instalación de abonado.

Esta interfaz puede comprender un Repartidor General (MDF, Main Distribution Frame) de una Centralita Privada (PBX, Private Branch Exchange), o un soporte para la conexión de un aparato telefónico. La localización de esta interfaz depende de las reglamentaciones y prácticas nacionales.

Atenuación del circuito telefónico: Atenuación producida a la frecuencia de referencia 800 Hz entre la entrada del circuito y su salida. Esto incluirá cualquier atenuación en el equipo de terminación asociado de los centros de conmutación.

Conexión: Cadena de circuitos interconectados por puntos de conmutación, entre dos puntos diferentes de la red.

En la planificación de la transmisión, la atenuación de una conexión es la suma de las atenuaciones de los circuitos que integran la conexión.

Las atenuaciones de los centros de conmutación están normalmente incluidas en las atenuaciones del circuito. En una conexión local, la suma de todas las atenuaciones analógico /digitales no debe exceder 8 dB.

Unidades derivadas del decibel

Se denomina decibel, a la unidad relativa entre un valor de entrada y un valor de salida de un cierto sistema eléctrico, acústico, etc. Estos valores podrán ser la relación de tensiones eléctrica, corrientes, potencia, sonoridad, etc.

Sus valores podrán expresar tanto atenuaciones como amplificaciones, diferenciadas con signo negativo o positivo, para los distintos casos especificados.

Las unidades derivadas más utilizadas son:

dBw: nivel absoluto de potencia con respecto a 1 Watt, expresado en decibel.

dBm: nivel absoluto de potencia con respecto a 1 mW, expresado en decibel.

dBu: nivel absoluto de tensión con respecto a 0.775 V, expresado en decibel.

dBrs: nivel relativo de potencia, en decibel, referido a otro punto en la transmisión.

dBV: nivel absoluto de potencia con respecto a 1 V, expresado en decibel.

dBm0: nivel absoluto de potencia medido con respecto al punto de referencia dBm.

4. 3. Parámetros eléctricos de los cables multipares

Los cables multipares, deben ser sometidos a rigurosas pruebas eléctricas, previo a su instalación en la red, con el objeto de asegurar al máximo su vida útil, desde el punto de vista de la entrega de un buen servicio. Un cable telefónico se diseña para una duración de por lo menos 30 años.

Con el objeto de transportar, las señales de transmisión necesarias para una buena comunicación con la menor pérdida de energía posible, deben cumplir con las características eléctricas y mecánicas basadas en las Recomendaciones de la UIT-T.

Parámetros primarios

Para calificar y cuantificar las líneas de transmisión, se deben definir sus parámetros primarios y secundarios.

Se denominan parámetros primarios de una línea de transmisión, al conjunto de los factores eléctricos que definen las propiedades de las líneas homogéneas, definiendo como líneas homogéneas cuando poseen separaciones y diámetros constantes.

Los parámetros primarios dependen esencialmente del material y de la configuración geométrica en que están constituidas las líneas.

R resistencia ohmica, L inductancia, C capacidad mutua, G conductancia

Oliver Heaviside, físico matemático inglés, demostró que al definir los parámetros primarios de una línea y al satisfacer la condición llamada precisamente de Heaviside, se obtienen la condición ideal de transmisión.

$$RC = LG$$

Ello se experimenta, debido a que la atenuación α obtiene su valor óptimo compatible con los valores de los parámetros disipativos de la red (R y G).

Además, en esa condición la atenuación se hace independiente de la frecuencia, de esto resulta una distorsión de amplitud como una distorsión de fase nulas. El tiempo de propagación en este caso es independiente de la frecuencia transmitida.

Los parámetros primarios se podrán clasificar como, parámetros longitudinales y parámetros transversales. Los parámetros longitudinales están dados por:

Resistencia Ohmica,	R [Ω]
Inductancia,	L [mH]

Los parámetros transversales están dados por:

Capacidad mutua,	C [μ F]
Conductancia,	G [σ]

Los parámetros primarios están representados por las constantes distribuidas a todo lo largo de las líneas (Fig. 1), pero a los fines de simplificar los cálculos se pueden considerar como constantes concentradas (Fig. 2):

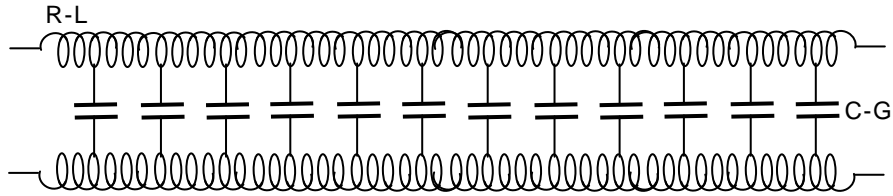


Fig. 1 - Línea representada por sus constantes distribuidas

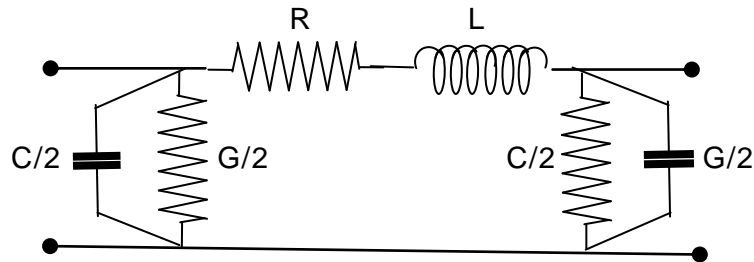


Fig. 2 - Línea representada por sus constantes concentradas

Parámetros secundarios

Se expresa como parámetros secundarios de una línea de transmisión, a la Impedancia Característica y la Constante de Propagación, además de los parámetros derivados de estos, la Constante de Atenuación, Constante de Fase, y Velocidad de Propagación:

Impedancia Característica, Z_0 [Ω]
Constante de Propagación, γ [n° complejo]
Constante de Atenuación, α [dB/Km]
Constante de Fase, β [radian/Km]
Velocidad de Propagación, V [Km/seg]

Ecuaciones de la línea

Tomamos una diferencia de línea, podremos obtener las expresiones que nos determinan los valores de los parámetros secundarios.

Considerando un diferencial, de la línea real (Fig. 3):

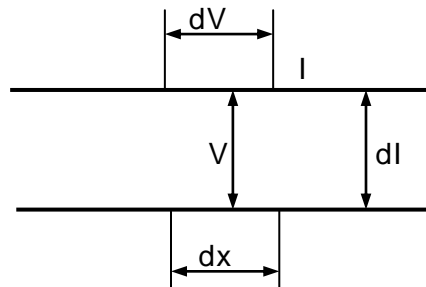


Fig. 3 - Diferencial de línea de transmisión

Siendo dV la diferencia de potencial en dx , y dl la derivada de la corriente I

Definiendo a:

$$Z = R + j\omega L \quad (1)$$

$$Y = G + j\omega C \quad (2)$$

Siendo:

$$I = \frac{1}{Z} \frac{dV}{dx}$$

Resolviendo las ecuaciones diferenciales de la línea, llegamos a la expresión de la corriente eléctrica, que la podremos indicar como:

$$I = \frac{1}{Z} \left[\sqrt{ZY} C_1 e^{\sqrt{ZY}x} - \sqrt{ZY} C_2 e^{-\sqrt{ZY}x} \right] \quad (3)$$

Donde al término \sqrt{ZY} , lo llamamos constante de propagación (γ).

$$\gamma = \sqrt{ZY} \quad (4)$$

Reemplazando en (3) las expresiones de (1), resulta:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

Que podemos expresar como:

$$\gamma = \sqrt{\alpha + j\beta}$$

Expresión que corresponde a la relación de la constante de propagación (γ), con la constante de atenuación (α), y la constante de fase (β).

El cálculo de la Impedancia Característica, por otra parte se realiza mediante:

$$Z_0 = \sqrt{Z/Y}$$

Reemplazando (1) y (2), resulta:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

Para líneas bifilares es (Fig. 4a):

$$Z_0 = 120 \ln s/r = 276 \lg s/r$$

Para líneas coaxiales es (Fig. 4b):

$$Z_0 = 60 \ln r_2/r_1 = 138 \lg r_2/r_1$$



Fig. 4 - Líneas bifilares y coaxiales

Cables multipares

Para cables multipares, en frecuencia vocal, al ser el valor de L despreciable por estar los conductores cableados formando una trenza en forma de hélice, resultando un flujo concatenado mínimo.

El valor de G por la utilización de buenos aislantes, también será mínimo, y si:

$$\boxed{Z = R} \quad \boxed{Y = j\omega C} \quad \boxed{R \gg \omega L} \quad \boxed{G \ll \omega C}$$

Luego, podemos hacer:

$$\boxed{\gamma = \sqrt{ZY} = \sqrt{j\omega CR} = \sqrt{\omega CR} 45^\circ = \sqrt{\omega CR} (\cos 45^\circ + j \sin 45^\circ)}$$

de donde corresponde a:

$$\boxed{\alpha = \frac{\sqrt{\omega CR}}{2} \quad \beta = \frac{\sqrt{\omega CR}}{2}} \quad (5)$$

De (3).

$$\boxed{V(x) = C_1 e^{\sqrt{ZY}x} + C_2 e^{-\sqrt{ZY}x} = V_1 e^{\alpha x} e^{j(\omega t + \beta x)} + V_2 e^{-\alpha x} e^{j(\omega t - \beta x)}}$$

Sí el exponente $(\omega t + \beta x)$ se mantiene constante en un medio dado, será su diferencial $(\omega + \beta dx/dt) = 0$, luego resulta:

$$\boxed{\frac{dx}{dt} = -\frac{\omega}{\beta}}$$

Que concierne a la velocidad de fase:

$$\boxed{V_f = \frac{dx}{dt} = -\frac{\omega}{\beta}}$$

Para nuestro caso:

$$\boxed{V_f = \sqrt{\frac{4\pi f}{CR}}}$$

Por otra parte, la Impedancia Característica será:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{R}{j\omega C}} = \sqrt{\frac{R}{\omega C}} \angle -45^\circ \quad (6)$$

De (5) y (6) combinadas, resulta:

$$\alpha = 0.707 \sqrt{\omega CR} = 0.707 = \frac{R}{\sqrt{R/\omega C}} = 0.707 \frac{R}{|Z_0|}$$

Líneas sin pérdida

Para frecuencias elevadas, sobre los MHz, se ofrecen expresiones citadas como líneas sin pérdidas.

Supongamos una línea teórica, exenta de distorsión de frecuencia y de retardo, por estar constituida con elementos lineales de capacidad y autoinducción, donde la impedancia no varía con la frecuencia.

Podríamos decir que Z e Y tienen, en ese caso, el mismo ángulo, es decir, que obtendríamos la relación:

$$\frac{\omega L}{R} = \frac{\omega C}{G} \quad \text{Luego} \quad L G = C R$$

Será:

$$Y = G + j\omega C = \frac{G}{R} (R + j\omega L) = \frac{G}{R} Z$$

También:

$$Y = \frac{C}{L} (R + j\omega L) = \frac{C}{L} Z$$

Luego:

$$\gamma = \sqrt{ZY} = Z \sqrt{\frac{G}{R}} = Z \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{\frac{G}{R}} (R + j\omega L) = \sqrt{\frac{C}{L}} (R + j\omega L)$$

Queda:

$$\alpha = \sqrt{G R} = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\alpha = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\beta = \omega L \sqrt{\frac{G}{L}} = \omega L \sqrt{\frac{C}{L}} = \omega \sqrt{LC}$$

$$\beta = \omega \sqrt{LC}$$

$$V_f = \frac{\omega}{\beta} = \frac{\omega}{\omega \sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$V_f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{R}{G}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

4. 3. 1. Resistencia del conductor

La resistencia ohmica es la propiedad del conductor de oponerse al paso de la electricidad. Depende de la sección del mismo [s], del material del cual está compuesto, de su longitud [L], de la frecuencia a la que se lo mide y de la temperatura.

Es usual hallar tablas con las propiedades conductoras de los materiales, las que proporcionan el valor de conductividad [σ].

La inversa de la conductividad es la resistividad [ρ], factor más conveniente a los efectos del cálculo de la resistencia. Su valor en Ohm, para corriente continua y a 20°C:

$$R = \rho \frac{L}{s}$$

Donde:

R = Resistencia, Ohm [Ω]

ρ = resistividad, [Ω cm]

L = [cm]

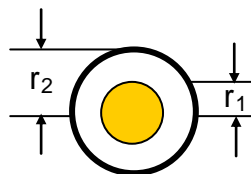
s = [cm²]

Se debe tener en cuenta que con al incrementarse la frecuencia también se incrementa este valor de resistencia eléctrica. Ello se debe al efecto pelicular (skin).

En altas frecuencia se debe considerar también los aumentos de la resistencia por los efectos de proximidad y las pérdidas por radiación.

Para una línea coaxial es:

$$R = 4.16 \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right] \sqrt{f} \cdot 10^{-6}$$



Donde:

$R = \Omega / m$

$f = \text{Hz}$

$r = \text{cm}$

El factor importante que se debe considerar en las mediciones de resistencia, es el referido a la temperatura donde los cables están determinados y estandarizados para una temperatura de 20 °C.

Ello es primordial para ciertas situaciones, puesto que la velocidad de transmisión disminuye considerablemente con el aumento de la temperatura. En consecuencia, para los lugares donde la temperatura ambiente sea diferente de 20 °C, es importante realizar los ajustes correspondientes, aplicando la siguiente expresión matemática:

$$R_0 = \frac{R_m}{[1 + i \times (T - 20^\circ)]}$$

Donde:

$R_0 =$ Resistencia a 20 grados.

$R_m =$ Resistencia medida en Ohm a temperatura ambiente.

$T =$ Temperatura del medio ambiente.

$i =$ Coeficiente de variación de la temperatura. (0,00391)

De esta expresión matemática podemos inferir, que cuando aumenta la temperatura aumenta la resistencia del conductor; si por el contrario, disminuye la temperatura, disminuye la resistencia del conductor.

4. 3. 2. Resistencia con dos calibres

Cuando se requiere medir la resistencia ohmica de un par, el cual esta constituido por más de un tramo de cable y con diferente diámetro (calibre), el valor resultante deberá ser calculado aplicando la siguiente expresión:

$$R_{total} = (R1 \times L1) + (R2 \times L2)$$

Donde:

$R1 R2 =$ corresponde a los valores expresados en Ohm, de resistencia individual de cada diámetro de conductor, de cada cable.

$L1 L2 =$ corresponde a las distancias individuales, en kilómetros, de cada cable.

4. 3. 3. Desequilibrio resistivo y capacitivo

El desequilibrio resistivo y capacitivo, depende de la diferencia que puedan tener los conductores en la configuración simétrica de un par.

Para el caso de desequilibrio resistivo, la diferencia de resistencia entre el conductor a y el conductor b, del par, no sea mayor al 2% del valor del anillo.

Es decir, los conductores de un par deben estar en el mayor equilibrio posible.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_2} \times 100[\%]$$

Donde:

R1 es la resistencia del conductor del par de mayor valor.

R2 es la resistencia del conductor del par de menor valor

Para el caso del desequilibrio capacitivo, se lo define la diferencia de capacitancia entre el conductor a y el b, del par, medido respecto de la pantalla del cable. Teóricamente está diferencia no debe superar al 2%. Este tipo de desequilibrio es la causa principal de interferencias en los cables, donde el desequilibrio entre pares adyacentes origina di-fonía entre circuitos y entre un par y tierra induce ruido en el par.

En los cables a pares, se originan interferencias debido a desequilibrios de capacidad par a par y desequilibrios de capacidad par a tierra, mientras que en los cables a cuadretes, se originan interferencias de desequilibrio par a par del mismo cuadrete, entre pares de distintos cuadretes y entre pares y tierra.

4. 3. 4. Resistencia de aislamiento

Se define como resistencia de aislamiento, a la suma de las resistencias conectadas en paralelo, entre la línea en prueba y todas las demás líneas conectadas entre sí, y unidas a tierra en un circuito abierto. Depende del tipo de aislante que separan los conductores entre sí y entre la capa metálica de protección. Se mide aplicando corriente continua.

La resistencia de aislación depende del material aislante con que están separados los pares entre sí y de su capa de protección aislante. Esta resistencia es medida en MΩ, aplicando una tensión continua de 500 Volt, en el tiempo de 1 minuto.

Podremos hacer una comparación, entre la resistencia ohmica del par de la línea de abonado y la resistencia de aislación entre sus pares. Mientras que la resistencia ohmica del par es la suma de las infinitas resistencias conectadas en serie en un circuito cerrado, la resistencia de aislación, es la suma de las infinitas resistencias conectadas en paralelo, entre la línea en prueba y todas las demás líneas conectadas entre sí y unidas a tierra en un circuito abierto. Esto significa que la resistencia del anillo es directamente proporcional a la longitud del par y la resistencia de aislación es inversamente proporcional a su longitud.

Para entender con mayor claridad el concepto de resistencia de aislación, debemos señalar que para transmitir una señal desde un punto a otro, es necesario que la pérdida de corriente de fuga entre los conductores sea la menor posible, esto significa que mientras exista más superficie de contacto y más humedad entre los pares, habrá mayor pérdida de corriente de fuga, en consecuencia, menor resistencia de aislación, lo que lógicamente menoscaba tener una buena transmisión de señal.

Las mediciones de aislación de los cables se realizan con instrumento denominados Megóhmetros, los que tienen la propiedad y capacidad de medir altas resistencias. Generalmente el rango de medición de este tipo de instrumento fluctúa entre: 0,1 MΩ y 5 GΩ (5.000.000.000 de Ohm).

Las especificaciones técnicas de los fabricantes garantizan que la resistencia de aislación de un conductor, contra todos los demás conductores y el blindaje, no debe ser menor a 5.000 MΩ/Km, para los cables con aislación de papel y 15.000 MΩ/Km, para los cables con aislación de polietileno, aplicando una corriente continua de 500 Volt, durante un minuto.

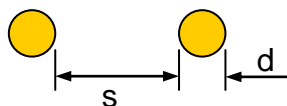
4. 3. 5. Rigidez dieléctrica

Un aislador o dieléctrico, es una sustancia dentro de la cual no hay partículas cargadas, capaces de moverse bajo la influencia de un campo eléctrico. La intensidad máxima del campo eléctrico que un dieléctrico puede soportar, sin transformarse en conductor, se denomina rigidez dieléctrica.

En un cable multipar, la rigidez dieléctrica del aislante entre los pares, es dependiente de la separación entre los pares, la concentricidad, del tipo de material y la calidad del aislante, para soportar un pico de tensión alterna o de corriente continua, sin que se produzcan rupturas en los dieléctricos constituidos por los aislantes.

4. 3. 6. Capacidad mutua

Capacidad mutua es la capacidad eléctrica, medida en nF/Km, existente entre los conductores a y b de un par. Depende del diámetro del conductor (d), del tipo de aislación y de la separación entre conductores (s), denominada distancia interaxial).



La prueba debe ser realizada desde el Repartidor General, en todo su recorrido hasta la caja terminal respectiva, midiendo capacidad a-b. El valor especificado normalizado para la capacidad mutua es de 52 +/- 2 nF/Km.

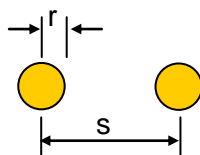
En las mediciones de la capacidad mutua, en la condición "medir longitud" el instrumento puede verificar la existencia de bobina de carga en la línea. En ningún caso se permite su existencia para transmisión digital (datos o xDSL).

4. 3. 7. Inductancia

La inductancia depende del flujo electromagnético generado por la corriente que circula por el conductor, de su diámetro, del torcido del par y de la distancia entre conductores.

Para una línea bifilar de conductores paralelos es:

$$L = \frac{\mu}{\pi} \left(\ln \frac{s}{r} + \frac{1}{4} \right)$$



Con $\mu = \mu_r \mu_0$

Donde μ_r es la permeabilidad relativa en el aire = 1.0000004

μ_0 es la permeabilidad absoluta en el vacío = $1.256 \cdot 10^{-8}$ H/m

Reemplazando valores resulta:

$$L = 4 \left(\ln \frac{s}{r} + \frac{1}{4} \right) \quad [\text{H/Km}]$$

4. 3. 8. Conductancia

La conductancia es la inversa de la resistencia. Su valor asiste al cálculo del grado de aislación que existe entre los conductores. Su unidad es el MOhm o Siemens.

Este parámetro es de aplicación en corriente alterna.

La conductancia se indica con la letra G, y su valor se expresa como:

$$G = 1/R_a$$

Donde:

R_a = Corresponde a la resistencia de aislación, expresada en MΩ y medido en corriente continua.

G = Conductancia expresada en Mho o Siemens.

Para determinar los valores de conductancia, en corriente alterna, se aplica la siguiente expresión:

$$G = 2 \times \Pi \times F \times C \times C_p$$

Donde:

Π = Constante 3,1416

f = Frecuencia en Hz.

C = Capacidad mutua del par en Faradios.

C_p = Coeficiente de permeabilidad del aislante (0,0005).

4. 3. 9. Diafonía

La diafonía depende del equilibrio simétrico que deben tener los pares del cable en su construcción, y fundamentalmente, del pareado.

Existen dos tipos de diafonía: Paradiafonía, o acoplamiento en el extremo cercano, llamado NEXT (Near End Crosstalk) (Fig. 6) y Telediafonía, o acoplamiento en el extremo lejano, llamada FEXT (Far End Crosstalk) (Fig. 7).

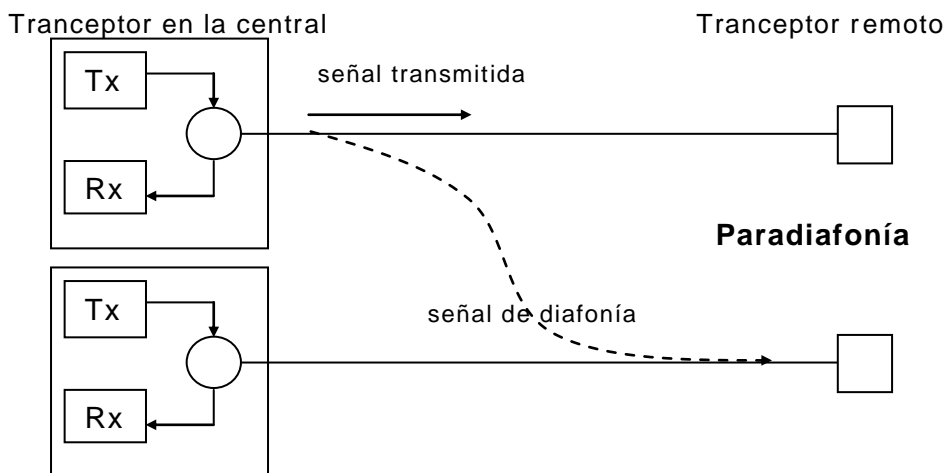


Fig. 6 - Paradiafonía o NEXT (Near End Crosstalk)

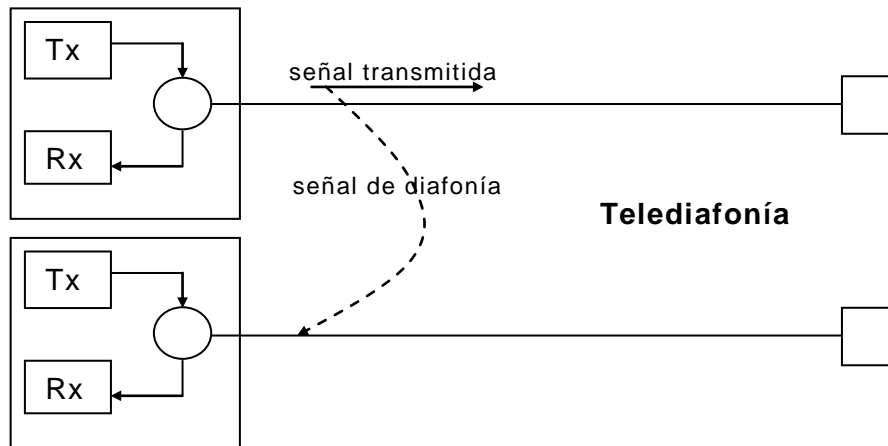


Fig. 7 - Telediafonía, FEXT (Far End Crosstalk)

El FEXT se puede despreciar ya que por las distancias empleadas en telecomunicaciones, la señal del canal interferente es relativamente débil debido a que ha sufrido la atenuación en el trayecto.

4. 3. 10. Ruido blanco

Se define como ruido blanco o metálico, al ruido que se produce internamente entre los pares por problemas de desequilibrio, este ruido se manifiesta como diafonía. Normalmente se escuchan señales de otra comunicación del mismo cable. Los valores aceptables de este tipo de ruido es de -78 dBm, aplicando una señal de 1600 Hz.

4. 3. 11. Ruido a tierra

Se define como ruido a tierra, la potencia electromagnética que interfiere el par por efecto externo al cable, sonidos de radio, antenas, semáforos, transformadores etc. Este efecto se produce básicamente, por falta de continuidad de las pantallas de blindaje del cable, y valores de tierras con alta resistencia, los valores aceptables son de -40 dBm.

La protección ante interferencias externas debido a inducciones electromagnéticas depende fundamentalmente de la pantalla de blindaje de los cables (pantalla de aluminio o acero-aluminio). Estas pantallas deben ser siempre de espesor adecuado a las exigencias internacionales y a condiciones de trabajo determinada, de continuidad constante y efectiva vinculación a tierra.

Son características de la pantalla protectora electromagnética de los cables:

- 1 - Impermeabilidad
- 2 - Flexibilidad.
- 3 - Dureza.
- 4 - Resistencia a la intemperie.
- 5 - Resistencia a los agentes químicos.
- 6 - Resistencia a los golpes.

4. 3. 12. Atenuación

La atenuación en una línea es la pérdida relativa de la potencia de la señal resultante de la propagación en la misma, se mide en decibel (dB). Es dependiente de la Impedancia Característica de la línea, la Capacidad Mutua y la Frecuencia aplicada.

Se podrá indicar algunos valores como referencia de la atenuación medida a 800 Hz, correspondientes a distintas Capacidades Mutuas e Impedancias Características, según su calibre:

CABLE CON AISLACIÓN DE POLIETILENO

Calibre del conductor (mm)	Resistencia en CC (Ohm/Km)	Capacidad mutua (nF/Km)	Impedancia Característica (Ohm)	Atenuación (dB/Km)
0.40	280	52 nF/Km.	1000	1.74
0.60	113	53 nF/Km.	700	1.16
0.90	55	54 nF/Km.	450	0.77

4. 3. 13. Impedancia característica

De acuerdo con las propiedades geométricas y eléctricas en la construcción de un cable multipar, sus pares conductores se comportan, con la circulación de la corriente eléctrica como un conjunto de resistencias y reactancias conectadas en serie y en paralelo con la línea, lo que constituye la impedancia de la línea. Esta impedancia se corresponde al conjunto de parámetros que se opone al paso de una señal alterna.

Un parámetro secundario en un cable multipar, es la Impedancia Característica, y se denomina así a la relación entre el voltaje aplicado y la corriente alterna circulante, en un punto cualquiera de una línea de transmisión considerada como infinitamente larga. Una línea cargada con una terminación igual a su Impedancia Característica se considera como de longitud infinita.

La Impedancia Característica se determina por medio de los cuatro parámetros primarios de la línea de transmisión (Resistencia, Capacitancia, Inductancia y Conductancia) y se expresa según:

$$Z_0 = \sqrt{R + j\omega L / G + j\omega C} = \Omega$$

Donde:

Z_0 = Impedancia Característica de la línea expresada en Ohm.

R = Resistencia de anillo de la línea expresada en Ohm Ω .

C = Capacidad de la línea expresada en Faradios.

L = Inductancia de la línea expresada en henrios.

$\omega = 2 \pi \times f$

f = Frecuencia expresada en Hertz

j = Factor imaginario

4. 3. 14. Relación señal a ruido

La relación señal a ruido se expresa en valores de decibeles dentro de un ancho de banda específico.

Al relevar la información que se va a transmitir, se observa que se requieren máximos valores de esta relación para satisfacer al cliente o hacer funcionar el equipo de recepción con un criterio específico. A tal efecto, se pueden especificar, en los equipos terminales correspondientes, las siguientes relaciones de señal a ruido S /R:

- Voz: 30 dB
- Videos: 45 dB
- Datos: 15 dB

Para los sistemas de TV, es más frecuente el uso de la relación de la señal de portadora del canal al ruido (C/R), pues indica la incidencia del ruido como efecto de interferencia sobre la porción de señal de video, del canal.

En las siglas inglesas la relación de señal a ruido se expresa como SNR (Signal to Noise Ratio) y la relación de portadora a ruido como CNR (Carrier to Noise Ratio).

4. 3. 15. Equivalente de Referencia

Las líneas de acceso, se delimitan no solo examinando los parámetros de transmisión, como ser de relación señal ruido o de atenuación, sino más bien valorizando la inteligibilidad permitida por ellas. Es decir, más que comprobar el ruido de fondo o la amplitud de la señal, es necesario analizar la calidad de transmisión que posibilite a los usuarios reconocer su voz. En los laboratorios de Ginebra, Suiza, la UIT estableció un patrón y creó un equivalente de referencia respecto a ese patrón.

Se define como Equivalente de Referencia, de un aparato de abonado con su línea y su puente de alimentación, al valor que se obtiene en dB, en igualdad con el Sistema de Referencia NOSFER, de la UIT-T, la intensidad de los sonidos vocales recibidos, midiendo valores manifiestos respectivamente para el sentido de transmisión (Fig. 8) y de recepción (Fig. 9). La suma de estos valores medidos son diferentes a la medición del sistema transmisión y recepción total, por lo que se debe efectuar una tercer medición para hallar el valor total (Fig. 10).

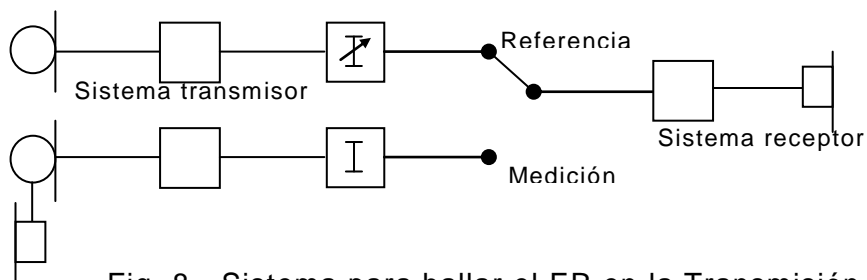


Fig. 8 - Sistema para hallar el ER en la Transmisión

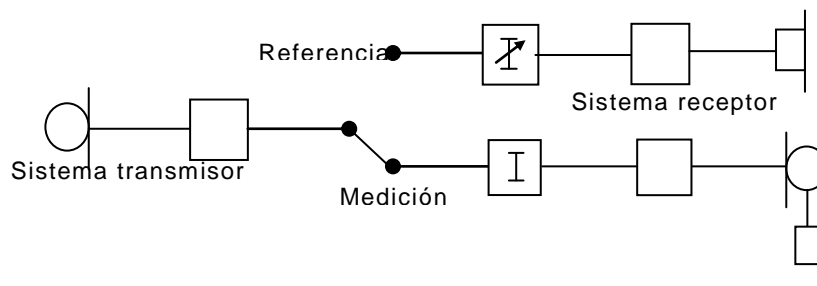


Fig. 9 - Sistema para hallar el ER en la Recepción

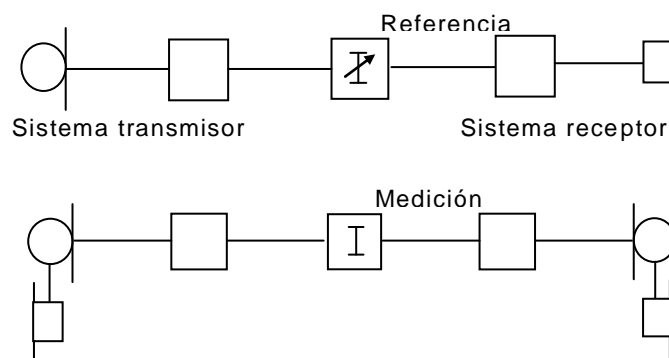


Fig. 10 - Equivalente de Referencia Total

Para realizar la medición se utiliza una serie de sílabas normalizadas (logotonos), cuyo contenido espectral sea lo más representativo de la voz humana, los que tendrán que ser reconocidas a diferentes valores de atenuación, cuantificando el efecto de sonoridad y articulación, ofreciendo un cierto grado de inteligibilidad. Es decir, el nivel relativo con que la palabra transmitida por un sistema telefónico determinado llega al oído de la persona que escucha en el otro extremo.

El principio de medición consiste en ajustar el atenuador variable, hasta que las sensaciones vocales se reciban con las mismas intensidades, en las posiciones (A) referencia y (B) medición. Cada equivalente de referencia será la diferencia entre el valor (A) y el valor (B).

Si el equivalente de referencia medido tiene un valor negativo, la intensidad sonora proporcionada por el sistema que se mide, es mayor que la del NOSFER, e inversamente si el equivalente de referencia medido tiene un valor positivo, significa que el sistema proporciona una intensidad sonora menor que el NOSFER.

EQUIVALENTE DE REFERENCIA CORREGIDO

Los Planes de Transmisión vigentes utilizan el ERC, según la recomendación G.111 de la UIT-T.

ERC en una conexión telefónica internacional

Una conexión telefónica internacional se compone de tres partes, dos sistemas nacionales, uno a cada extremo, más la cadena internacional.

La cadena internacional está compuesta por una o más secciones a 4 hilos (2 pares).

El Plan de Encaminamiento Telefónico Internacional (Recomendación E.171) limita a cuatro el número de secciones internacionales a 4 hilos (5 conmutadores).

Asimismo, cada sistema nacional puede contar con uno o más secciones a 4 hilos, como circuitos a 2 hilos entre centrales locales. En general se limitan al número de 3 las secciones a 4 hilos, salvo en países de gran extensión que pueden alcanzar el número de 5 secciones a 4 hilos.

Se denomina cadena a 4 hilos, a la cadena constituida por los circuitos a 4 hilos de la cadena internacional, más los circuitos nacionales a 4 hilos (Fig. 11).

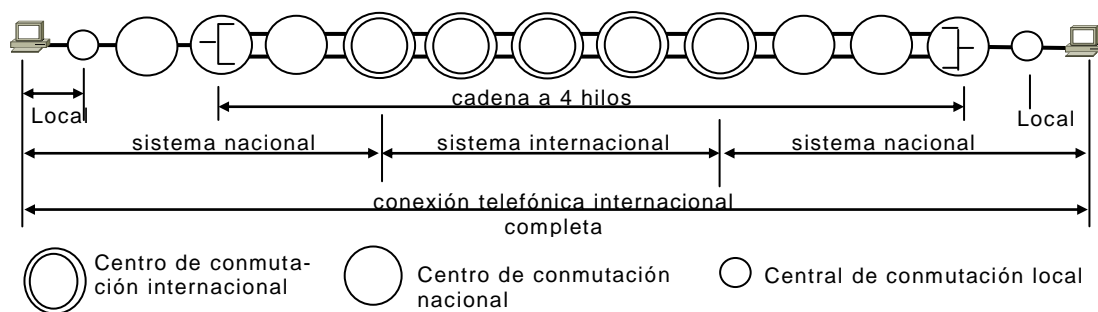


Fig. 11 - Conexión internacional completa

ERC en una conexión telefónica nacional

Las recomendaciones G.111 y G.112 de la UIT-T fija en 15 dB como ERC para una conexión completa nacional, valor que las distintas administraciones tendrán en cuenta en la confección de sus Planes Fundamentales de Transmisión (Fig. 12).

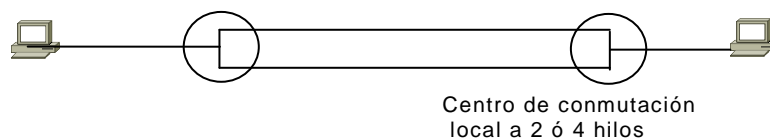


Fig. 12 - Conexión nacional completa

El ERC de 15 dB se distribuye en forma que se cumpla:

- | | |
|--------------------------------------------|----------|
| 1. ERC del sistema terminal en transmisión | 10.5 dB |
| 2. ERC del sistema terminal en recepción | - 2.5 dB |
| 3. ERC del vínculo | 7 dB |

Si consideramos en la constitución de los 15 dB, la suma de algebraica de 10.5 y -2.5, resulta 8 dB que se asigna al anillo de abonado, pudiendo asignar los 7 dB restantes al enlace local.

ERC en un sistema de abonado con conexiones digitales

En la digitalización de los conmutadores se debe aproximar al máximo la transición de 2 a 4 hilos al sistema de abonado, así como evitar tener en serie centrales de 2 hilos. En el caso del equipo del usuario con vínculo digital, los circuitos deben ser ajustados a un valor de atenuación entre 0 y 3 dB.

4. 4. Dimensionamiento del sistema local

Se trata el dimensionamiento de un sistema local, desde el punto de vista de la transmisión, aplicado al diseño de la planificación y la ingeniería de detalle.

Las Redes Telefónicas Públicas Conmutadas RTPC, han sufrido considerables cambios, en especial con la inmersión de las centrales digitales. Ello generó algunos cambios en la forma tradicional de aplicar ciertos conceptos sobre niveles relativos y términos afines.

4. 4. 1. Premisas para el diseño

Para diseñar una red de cables de plantel exterior en pares de cobre, desde el punto de vista de la transmisión, y poder hacer la inserción a sistemas digitales, se debe tener en cuenta fundamentalmente los límites de Resistencia 1200 Ohm y de Atenuación en 8 dB.

Se tendrá que respetar los valores eléctricos requeridos, indicados en las Tablas I y Tabla II. Asimismo, se mantendrán estos valores en el tiempo, mediante un correcto estado de conservación de los cables, para brindar un buen servicio. De la misma forma, se deberán respetar las características técnicas de los equipos a instalar y que estén en un todo de acuerdo con lo indicado para cada caso en las correspondientes Especificaciones Técnicas de la Administración, lo indicado en el Plan de Transmisión Fundamental y las Recomendaciones emitidas por la UIT-T.

4. 4. 2. Dimensionamiento de troncales locales

Las centrales de una zona local están interconectadas por medio de enlaces troncales locales. Según sea su longitud, estudio de tráfico de voz y de datos, dependerá el dimensionamiento del mismo.

Debido a la cuantía comparativamente reducida de dichos troncales, respecto al número y longitud de los circuitos de abonados, resulta económico reducir al mínimo la atenuación en esta sección de la red. Un procedimiento aconsejable a utilizar en una red existente, es adjudicar 1/3 del equivalente de referencia total de extremo a extremo, a cada uno de los circuitos de abonado y 1/3 a la red troncal.

Por ejemplo si un plan de transmisión actual, requiere un equivalente de referencia nacional de 24 dB, le corresponde 1/3 de 24 dB, es decir, 8 dB al troncal, mientras que los otros 2/3 serán asignados a los dos circuitos de acceso.

4. 4. 3. Dimensionamiento de la red de acceso

A fin de que cumplan con las condiciones de calidad de transmisión, manteniendo las condiciones técnico-económicas, los planificadores y diseñadores de la red de acceso, debe considerar para los cálculos de transmisión, los requisitos de:

- Obtener la máxima longitud en calibre 0.40, para las redes primaria y secundaria.
- En la red primaria se admite un solo cambio de calibre.
- No se admitirán saltos en los cambios de calibre, por ejemplo de 0.40 á 0.90 mm
- En la red secundaria no se admiten cambios de calibre.

Se desecha la práctica de usar pares conexonados en múltiple. Esto se debe a que al momento de adoptar la transmisión digital para la red de acceso, se deben de restringir los factores de generación de atenuación, diafonías y reflexiones. También la producción de faltas, como así propender a la disminución de los costos por mantenimiento.

4. 4. 4. Cálculo del calibre de los conductores

El diseñador, al dimensionar los calibres de sus cables, debe tener en cuenta los umbrales fundamentales establecidos, que son considerar una resistencia máxima del bucle de abonado de 1200 Ohm y una atenuación que no supere, a la frecuencia de prueba de 800 Hz, el valor de 8 dB.

UMBRALES FUNDAMENTALES ESTABLECIDOS

Resistencia máxima del bucle	1200 Ohm
Atenuación máxima admisible (a 800 Hz)	8 dB

Asimismo, se debe tomar los valores de las especificaciones técnicas de los cables en uso, para el dimensionamiento de la distancia máxima del circuito eléctrico, comprendida entre el Repartidor General (bloque vertical) y el Punto de Conexión de Red (o roseta del aparato telefónico).

VALORES ESPECIFICADOS DE LOS CABLES EN USO

Calibre	0.40	0.60	0.90
Ohm /Km	280	113	55
dB /Km	1.74	1.16	0.77

4. 5. Transmisión de voz, datos y video

Se debe encarar adaptar el equipamiento de las RTPC existentes, a la transmisión de datos y a las transmisiones de video (teleconferencia, televisión y videoteléfono).

4. 5. 1. Parámetros de transmisión digital

Los equipos de transmisión diseñados para manejar el tráfico de voz tienen características que suelen retrasar la transmisión de dígitos binarios.

Para poder transmitir datos sobre los equipos de voz, es decir, en la red telefónica, se requiere convertir los datos dentro del rango de las frecuencias de voz. El equipo que realiza esta conversión de la señal es un modulador /demodulador, denominados habitualmente módem de datos.

Los problemas más frecuentes en la transmisión de datos sobre circuitos analógicos, es decir, sobre la red telefónica existente son:

- Distorsión de retardo
- Distorsión de atenuación
- Ruido
- Niveles y variaciones de nivel
- Errores en la translación de frecuencia
- Fluctuación de fase

Además de considerar los parámetros que afectan la transmisión en las líneas, pueden citarse factores de degradación introducidas por los equipos de conmutación y transmisión empleados, los que fijan la calidad de un canal de transmisión y afectan la calidad de transmisión de una red:

- a) Índice de sonoridad (IS) y atenuación
- b) Ruidos del circuito
- c) Distorsión de atenuación
- d) Diafonía
- e) Interferencia a una sola frecuencia
- f) Modulación parásita
- g) Efectos de errores en sistemas digitales o tasa de error.
- h) Declinación del equivalente de transmisión
- i) Distorsión no lineal
- j) Distorsión de fase
- k) Deslizamiento de frecuencia
- l) Eco
- m) Transitorios de ganancia y de fase
- n) Distorsión por codificación
- o) Distorsión por retardo de grupo
- p) Tiempo de transmisión en un sentido

4. 5. 2. Capacidad del canal

Podemos obtener la capacidad del canal del lado receptor si se aplica la expresión matemática formulada por Claude E. Shannon, para un canal de voz común, es decir, a un canal gaussiano de banda limitada:

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Donde:

C = capacidad del canal en [b/s].

W = ancho de banda [Hz]

S/N = relación señal a ruido

Por lo tanto, cuanto mayor sea la relación de la señal respecto al ruido, mayor será la capacidad del canal. Es decir, si tenemos un W = 5000 Hz, vamos a obtener una tasa de transferencia de hasta 56 Kb/s.

Al mismo tiempo, para hallar la capacidad del canal del lado transmisor, aplicamos la relación enunciada por Harry Nyquist:

$$C_{bps} = 2 \cdot B \cdot \log_2 M$$

Donde:

C = capacidad del canal [b/s].

B = ancho de banda [Hz]

M = cantidad de niveles

Para la transmisión de datos a 5000 Hz, por la red telefónica conmutada que dispone de un ancho de banda de 300 á 3400 Hz, se debe cumplir que la potencia máxima de la señal aplicada a la línea telefónica física de abonados por el aparato de abonados no debe superar el valor de:

1 mW

Asimismo, cuando la señal es transmitida por un canal de transmisión a frecuencia portadora o digital, el nivel no debe exceder:

-13 dBm0

Es decir, que el nivel de la señal de datos, medido en la entrada de un circuito nacional o internacional, no debe exceder ese valor, siendo la frecuencia central de emisión de:

1800 Hz

El valor máximo de la potencia media, en los sistemas por los que se transmiten tonos con modulación de amplitud, no debe superar:

-13 dBm0

Las velocidades binarias para las transmisiones de datos en la red conmutada han evolucionado desde: 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14.400, 19.200, 38.400 hasta los 56.000 b/s actuales.

El umbral de recepción de los receptores de los datos es generalmente de:

-43 dBm

4. 6. Equipamiento electrónico en la red de acceso

Sobre la base de estudios técnico-económicos se podrá implementar distintos si sistemas electrónicos en la red de acceso que permitan en cada caso disponer ciertas ventajas de servicio. Se deberá considerar las distintas condiciones de transmisión a perseverar, según el correspondiente proveedor de los equipos. Se dispondrá las condiciones habituales de trabajo, con buena conservación de la red de acceso.

4. 6. 1. Codecs y módems

Vimos que las señales digitales para ser transmitidas por canales analógicos, como lo provee la red telefónica existente se realiza mediante la utilización de la interfaz de modulación/ demodulación o sea un módem. Mientras que las señales analógicas pueden transmitirse por canales digitales si se codifican previamente, empleando los equipos codificadores /decodificadores, denominados códec.

4. 6. 2. Sistemas de multiplexado

Un enlace puede proporcionar una buena calidad de transmisión en una gama de frecuencias considerablemente mayor a las señales que cursa.

Esto lo inhabilita el procedimiento llamado multiplexación, el que permite combinar varias señales en una señal compuesta que se transmite por el mismo trayecto físico. Ello facilita aumentar la capacidad de canales del enlace.

Un sistema multiplexado consta de dos partes, una instalada como terminal lado central y otra como terminal lado abonado. Una tercera parte, está constituida por la red de pares de acceso. El terminal remoto podrá estar ubicado en sótano, sobre postes, pedestales o fachada, próximo a los domicilios de los abonados a dar este servicio.

Funciona de manera bidireccional todo el tiempo (full dúplex), proporcionando 2 ó más canales, usando solo un ó más pares. Se proporcionan distintas capacidades, según su finalidad de uso. Los equipos más utilizados son los que mediante un par se puede servir otro abonado llamado 1x2, también en la relación de un par a 4 abonados: 1x4, o de uno a once abonados: 1x11.

Son de aplicación en los casos de salvar saturación de cables y/o canalizaciones, postergando las inversiones, solicitudes por acontecimientos temporales, demandas de servicio imprevistos o salvar contingencias de conservación, manteniendo la continuidad de servicio.

4. 6. 3. Sistemas concentradores

Otra forma de incrementar la eficiencia de la red de acceso es empleando equipos concentradores. Estos concentradores permiten que un conjunto de abonados comparta cierto número de líneas alimentadoras de un área de distribución.

Un sistema concentrador consta de tres partes, una instalada en la oficina central que funciona como maestro, otra distante ubicada en el área de distribución que funciona como esclavo remoto de aquella y una tercera parte que es el vínculo de transmisión del maestro al esclavo. El órgano esclavo corresponde a un equipo de conmutación.

Es interesante presentar el análisis técnico-económico de aplicación de un concentrador de líneas de abonados. En la figura siguiente se indica en trazo grueso las distintas alternativas de aplicación, de menor costo según su distancia a la central.

Se han considerado los costos de par Km, el costo de instalación y mantenimiento del concentrador y los límites de transmisión de cada calibre respectivo. (Fig. 12)

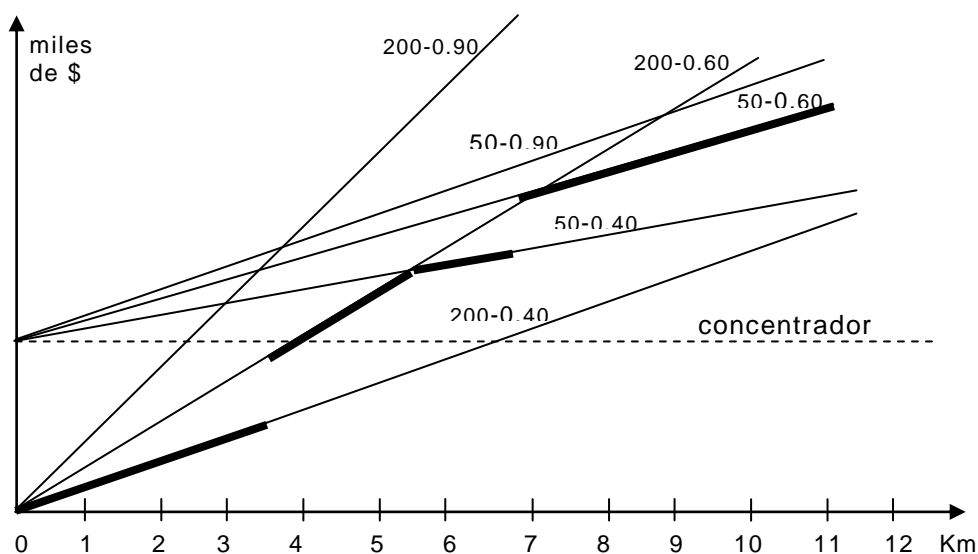


Fig. 12 - Aplicación de un concentrador de líneas de abonados

4. 6. 4. Sistemas de banda ancha

Se define como servicio de banda ancha al que se entrega con un ancho de banda superior a 2 MHz, aunque transitoriamente se comercialice a menores valores. Estos valores siempre dependerán de la longitud del enlace del abonado hasta su central.

Los sistemas comercializados al presente de banda ancha, en los diferentes estándares xDSL, permiten ofrecer servicio de telefonía básica y de datos como ser Internet al mismo tiempo y con distintas velocidades digitales, o solamente ofrecer alta velocidad digital para datos:

- Tecnología HDSL (High Speed DSL), la misma no puede coexistir con la telefonía básica y alcanza una tasa de transferencia de datos de hasta 1.5 Mb/s.
- Tecnología IDSL (ISDN sobre DSL), puede coexistir con telefonía básica y alcanza una tasa de transferencia de datos de hasta 128 Kb/s.
- Tecnología VDSL (Very High Bit Rate DSL), tecnología impulsada para proveer TV, alcanzando una velocidad de datos de hasta 52 Mb/s.
- Tecnología ADSL (Asymmetric DSL), en este caso posibilitando utilizar ambos servicios (voz y datos) simultáneamente sin interferencia de un servicio sobre el otro, la frecuencia máxima utilizada en estos casos es de 1.104 MHz, para obtener una velocidad de datos de hasta 8 Mb/s.

PARÁMETROS PRIMARIOS -TECNOLOGÍA

PARÁMETRO	SBT	ISDN	HDSL	ADSL
Resistencia Ohmica	55 - 113 y 280 Ω/Km 0.9, 0.6, 0.4 mm	170 - 222 y 350 Ω/Km 0.9, 0.6, 0.4 mm.	170 - 222 y 350 Ω/Km 0.9, 0.6, 0.4 mm.	170 - 222 y 350 Ω/Km 0.9, 0.6, 0.4 mm.
Inductancia (0-300 KHz).	587 - 699 y 750 mH/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm.	551 - 580 y 589 mH/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm.	551 - 580 y 589 mH/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm.	551 - 580 y 589 mH/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm.
Capacidad (+de 30 pares)	52 +/- 2 nF/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm	52 +/- 2 nF/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm	50 - 45 y 40 nF/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm	50 - 45 y 40 nF/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm
Resistencia Aislación (*)	>3 GΩ/Km - 1° >1.5 GΩ/Km - 2°	0.3 GΩ/250 V	≥800 MΩ á 500 V	≥ 600 MΩ á 500 V
Desbalance de Resistencia	≤ 3 Ω	≤ 3 Ω	≤ 3 Ω	≤ 3 Ω
Rigidez Dieléctrica	Vcc = 10 KV Durante 3 seg.	Vcc = 10 KV Durante 3 seg	Vcc = 10 KV Durante 3 seg	Vcc = 10 KV Durante 3 seg
Desequilibrio de Capac.. par a par	410 pF/500 m á 1 KHz	410 pF/500 m a 1 KHz	410 pF/500 m a 1 KHz	410 pF/500 m a 1 KHz
Desequilibrio de Capac.. par-tierra	574 - 490 y 495 pF/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm.	574 - 490 y 495 pF/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm	574 - 490 y 495 pF/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm	574 - 490 y 495 pF/Km 0.4, 0.6, 0.9 mm

(*) Cables primario y secundario

La tasa de transferencia de cualquiera de los sistemas comercializados en el segmento de banda ancha, siempre depende de la calidad y longitud del par de cobre. Por lo tanto, para brindar un servicio con estos estándares es necesario como mínimo cumplir con los requisitos en parámetros primarios y secundarios en las líneas de acceso, los que se sintetizan en las tablas siguientes:

PARÁMETROS SECUNDARIOS

PARÁMETRO	SBT	ISDN	HDSL	ADSL
Atenuación	36 dB á 0,40 KHz	36 dB á 40 KHz	35 dB á 260 KHz	61 dB á 300 KHz
NEXT	Despreciable	-74 dB a 80 KHz	-55 dB á 110 KHz	-55 dB á 110 KHz
FEXT	Despreciable	Despreciable	Despreciable	Despreciable
Tasa de Error	Despreciable	BER = 10^{-6}	BER = 10^{-9}	BER = 10^{-7}
Ruido Blanco	Despreciable	≤ -48 dBm á 320 KHz	≤ -60 dBm á 320 KHz	≤ -48 dBm á 320 KHz
Relación Señal Ruido	Despreciable	≥ 6 dB	≥ 6 dB	≥ 6 dB
Ruido Impulsivo	-----	<25 impulsos< -21 dBm/15 min.	<25 impulsos< -21 dBm/15 min.	<25 impulsos< -21 dBm/15 min.
Cu = 0.4 mm	Resistencia Anillo ≤ 1.2 K Ω y 1.74 dB /Km Rec. 4.2 Km	9.5 /11 dB /Km á 40/80 KHz Rec.3.5 Km	13.9 dB /Km á 260 KHz Rec. 2.51 Km	14 dB /Km á 300 KHz Rec. 4.3 Km
Cu = 0.63 mm	Resistencia Anillo ≤ 1.2 K Ω y 1.16 dB /Km Rec. 6.89 Km	5.3 /6.2 dB /Km á 40 /80 KHz Rec. 6.5 Km	10.7 dB /Km á 260 KHz Rec. 4.3 Km	8.9 dB /Km á 300 KHz Rec. 6.8 Km
Cu = 0.9 mm	Resistencia Anillo ≤ 1.2 K Ω y 0.77 dB /Km Rec. 10.38 Km	3.2 /4.5 dB /Km á 40 /80 KHz Rec. 10.6 Km	5.73 dB /Km á 260 KHz Rec. 6.1 Km	5.9 dB /Km á 300 KHz Rec. 10.3 Km

4. 7. Alta capacidad en cable

La principal contribución al progreso en cable ha sido dada por la arquitectura híbrida fibra coaxial, el video digital y la compresión de video digital, que han permitido el gran incremento de la cantidad de canales en cable dentro de un mercado de alta competencia. Este sistema debe contemplar parámetros estrictos de cumplir.

En este apartado, se adicionan algunas consideraciones, ofrecidas fuera de la normas editadas por Telecom de Argentina base de este capítulo. Para ello, se han tomado los datos emitidos por el FCC de USA, para sistemas de CATV. Estas consideraciones también son válidas para redes de datos u por lo tanto, para las futuras redes de telecomunicaciones.

4. 7. 1. Factor de ruido y de distorsión

El diseño de la red debe tener en cuenta, que cada elemento activo adicionado agrega un cierto grado de distorsión y ruido a la señal.

Cualquier elemento no lineal, como ser un conector bimetálico produce distorsión. La principal contribución de distorsión es producida por los amplificadores, puesto que estos al estar conectados en cascada acumulan sus perniciosos efectos sobre la señal.

El ruido podrá provenir de variadas fuentes. La mayor fuente de ruido esta constituida por el movimiento térmico aleatorio en componentes electrónicos (ruido Random).

Para un cable a 20°C de temperatura ambiente, el ruido térmico en un canal, será de 1.1 mV ó -59.1 dBmV, considerado el mínimo valor de ruido o nivel piso.

La relación en Watt permite la comparación de sistemas en señal ruido (S/R). Es mas frecuente el uso de la relación de la señal de portadora del canal al ruido (C/R), pues indica la incidencia del de ruido como efecto de interferencia sobre la porción de señal de video, del canal.

En las siglas inglesas la relación de señal a ruido se expresa como SNR (Signal to Noise Ratio) y la relación de portadora a ruido como CNR (Carrier to Noise Ratio).

Cuando el valor de C/R decrece, la señal sobre pantalla de video se presenta como una lluvia. Un buen diseño mantendrá un valor a 46 dB, preferentemente entre 48 y 50 dB, cuando la relación es de 40 dB la señal es cuestionable. El incremento de la señal aumenta esta relación pero desafortunadamente también incrementa el nivel de distorsión.

La distorsión, causada en los amplificadores de CATV con electrónica sólida, afecta la señal de salida en su ancho de banda.

Los modernos amplificadores cancelan las distorsiones por batidos de segundo orden compuesto CSO (Composite Second Order Beats), siendo entonces preponderante la distorsión llamada de batido triple compuesto CTB (Composite Triple Beats).

Sus parámetros determinan la cantidad de amplificadores a colocar en cascada y la distancia a cubrir.

Luego el sistema de cable estará limitado por un piso dado por el factor de ruido, definido como portadora / ruido (CNR) y un techo dado por un factor de distorsión, definido como batido triple compuesto (CTB). Ello acota principalmente, la cantidad de amplificadores a colocar en cascada (Fig. 13).

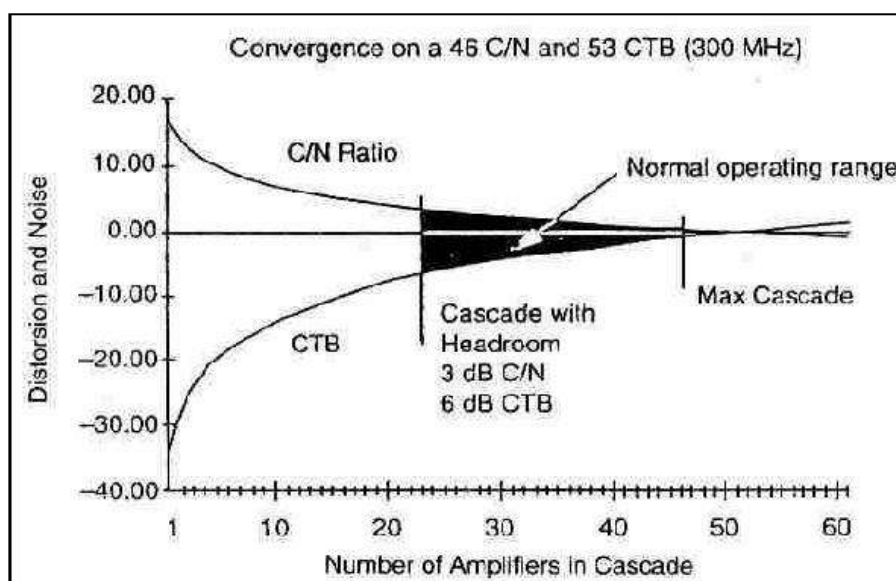


Fig. 13 - Convergencia de los factores de distorsión y ruido

Para un sistema a 300 MHz con 46 dB de CNR y 53 dB de CTB permite colocar 46 amplificadores troncales.

La relación señal a distorsión SDR (Signal to Distortion Ratio) determina las condiciones de los ramales de distribución, mientras que la relación señal ruido afecta al diseño de los cables troncales, aun cuando estos son actualmente suplantados por diseños con fibras ópticas.

Otros factores limitan el diseño del cable, como ser la distorsión en función de la carga de canales, y el incremento de la atenuación en función de la frecuencia.

4. 7. 2. Retardo de grupo

Los amplificadores bidireccionales muestran un retardo de grupo como resultado del filtrado de banda.

Tal filtrado ocurre en las estaciones cabeceras y concentraciones en los procesos de modulación de los canales. El efecto visible es la pérdida de resolución en la pantalla de video.

4. 7. 3. Reflexiones de las señales

Las reflexiones de la señal ocurren en la planta cabecera y en las redes externas, por las llamadas microreflexiones.

Estas están causadas por desadaptaciones de impedancias y se determina hallando los valores de pérdidas de retorno. Sus efectos son visibles en pantalla de video, como una segunda imagen, llamadas imágenes fantasmas.

4. 7. 4. Ruido de fase

El ruido de fase es adicionado a la señal original a través de la modulación y conversión de frecuencias.

Este ruido de fase, medido a 20 KHz desde la portadora de video en el canal de TV, produce variación en el nivel de iluminación y cromatismo, apareciendo en pantalla un rayado de líneas.

4. 8. Consideraciones generales

Los objetivos de diseño actuales se basan en reducir las condiciones degradantes para satisfacer los servicios de telefonía y transmisión de datos. Sin embargo, puede requerirse la aplicación de medidas especiales cuando deban introducirse en la red, o partes constitutivas de la misma, servicios cuyas exigencias sean más rigurosas como por ejemplo el servicio de video.

Algunas de estas degradaciones resultarán reducidas con el avance de la digitalización en las redes de cobre y ópticas. La evolución hacia una red totalmente digital está dando como resultado un gran número de conexiones menos complicadas que reducen la distorsión total por retardo de grupo y garantizan una calidad de transmisión adecuada, tanto en las redes locales, como en las redes interurbanas e internacionales.

En cuanto a la tasa de bit errados BER (Bit Error Rate), si es menor o igual a 10^{-6} , no se producen repercusiones importantes en los servicios en banda vocal, pero si para una red de transmisión de datos, las cuales requieren un BER menor a 10^{-7} .

El punto anterior da una visión general de los valores límites que pueden tomar cada uno de los parámetros individuales para conservar una calidad de transmisión aceptable.

Sin embargo, hay que considerar también los efectos de la combinación de aquellas degradaciones que puedan producirse simultáneamente en una conexión.

Para el caso más desfavorable, en que todas las degradaciones alcanzan el valor límite permitido, se produciría seguramente una calidad de transmisión inaceptable, por ello se requiere considerar la acumulación simultánea de las degradaciones.

Por otra parte, también hay casos en que una degradación enmascara el efecto de otra.

En ese caso, es conveniente señalar que, de una manera general, la percepción por parte del usuario de la calidad de un producto o servicio viene determinada por el grado en que se cumplen sus expectativas.

Así, para la calidad de transmisión de las señales de voz, el planificador de la transmisión debe considerar en la actualidad, dos categorías:

- 1) Calidad de Redes Telefónicas Públicas Conmutadas RTPC: Calidad media de servicio de las conexiones de la red telefónica pública conmutada, es decir, buena inteligibilidad con una correcta identificación del usuario y naturalidad, admitiendo sólo pequeñas degradaciones perturbadoras.
- 2) Calidad de Radiocomunicación: Calidad que se observa en muchos sistemas móviles, caracterizada por una buena inteligibilidad y capacidad de identificación del usuario, pero con cierta pérdida de la calidad comparada con la calidad de las RTPC.

---ooo0ooo---