Técnicas de transmisión de la Información

Conceptos de velocidad

Velocidad de modulación

El concepto de velocidad de modulación es típicamente un concepto usado en telecomunicaciones y se define como:

**La inversa de la medida del intervalo de tiempo nominal más corto entre dos instantes significativos sucesivos de la señal modulada.**

También se suele definir como:

**La inversa del tiempo que dura el elemento más corto de señal, que se utiliza para crear un pulso.**

La velocidad de modulación se mide en baudios, tal que:

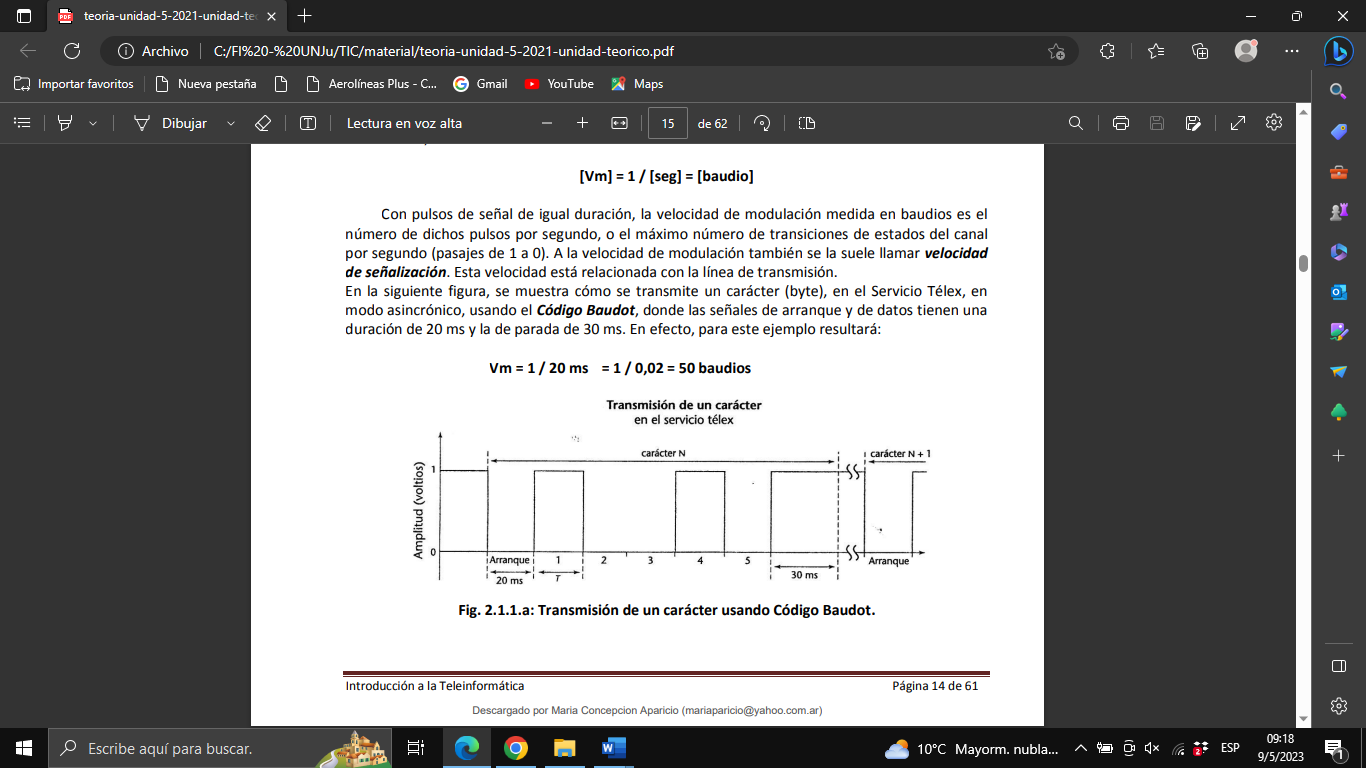
Vm = 1/τ donde τ = duración del pulso (ancho del pulso)

En unidades, resultará:

[Vm] = 1 / [seg] = [baudio]

Con pulsos de señal de igual duración, la velocidad de modulación medida en baudios es el número de dichos pulsos por segundo, o el máximo número de transiciones de estados del canal por segundo (pasajes de 1 a 0). A la velocidad de modulación también se la suele llamar velocidad de señalización.

Esta velocidad está relacionada con la línea de transmisión. En la siguiente figura, se muestra cómo se transmite un carácter (byte), en el Servicio Télex, en modo asincrónico, usando el Código Baudot, donde las señales de arranque y de datos tienen una duración de 20 ms y la de parada de 30 ms. En efecto, para este ejemplo resultará:



Velocidad binaria o velocidad de transmisión

El concepto de velocidad binaria y el de velocidad de transmisión son en general motivo de cierta controversia. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T), Ginebra, 1985, define solamente lo que denomina velocidad binaria. Sin embargo, muchos autores prefieren utilizar la expresión velocidad de transmisión. A pesar de que las definiciones son diferentes, a nuestro criterio los conceptos son equivalentes.

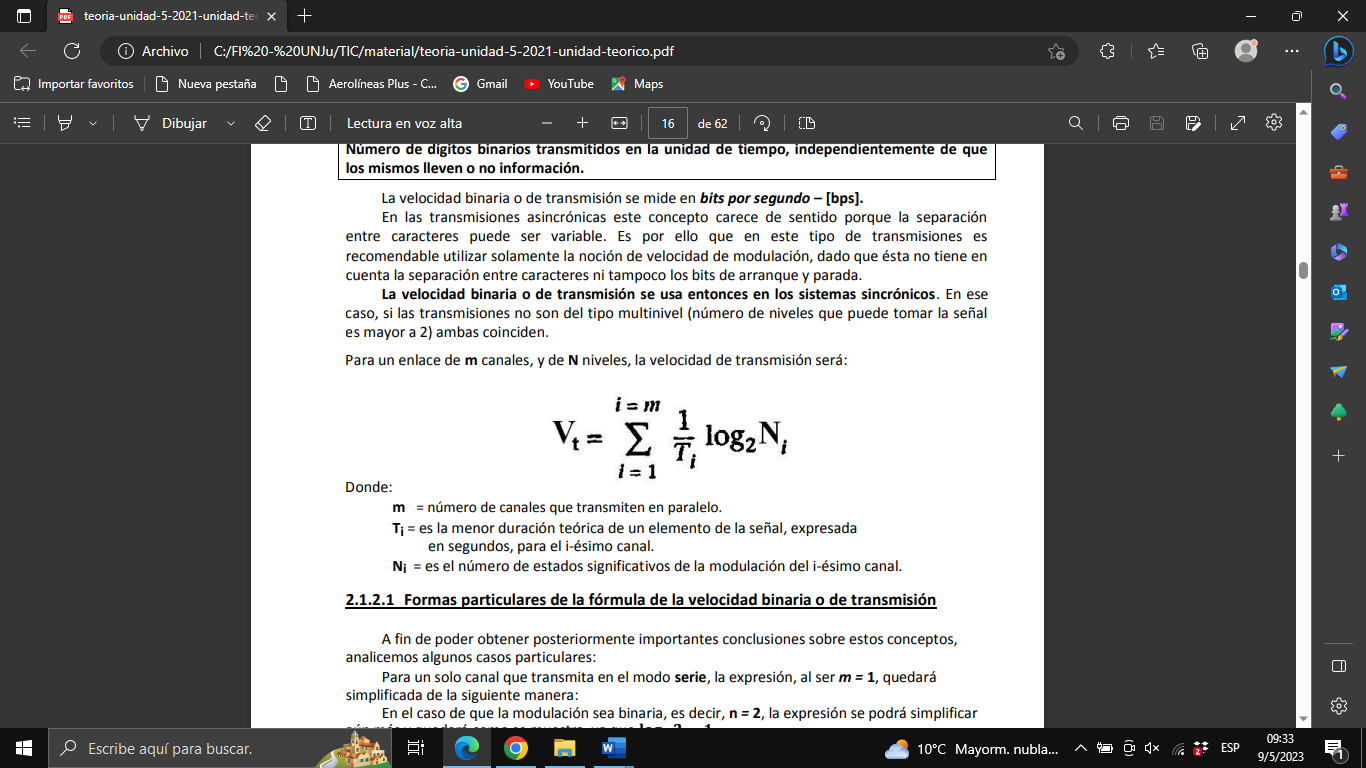
En un canal de datos, se denomina velocidad de transmisión:

**Número de dígitos binarios transmitidos en la unidad de tiempo, independientemente de que los mismos lleven o no información.**

La velocidad binaria o de transmisión se mide en bits por segundo – [bps].

En las transmisiones asincrónicas este concepto carece de sentido porque la separación entre caracteres puede ser variable. Es por ello que en este tipo de transmisiones es recomendable utilizar solamente la noción de velocidad de modulación, dado que ésta no tiene en cuenta la separación entre caracteres ni tampoco los bits de arranque y parada. La velocidad binaria o de transmisión se usa entonces en los sistemas sincrónicos.

En ese caso, si las transmisiones no son del tipo multinivel (número de niveles que puede tomar la señal es mayor a 2) ambas coinciden. Para un enlace de m canales, y de N niveles, la velocidad de transmisión será:



Donde:

m = número de canales que transmiten en paralelo.

Ti = es la menor duración teórica de un elemento de la señal, expresada en segundos, para el i-ésimo canal.

Ni = es el número de estados significativos de la modulación del i-ésimo canal.

Formas particulares de la fórmula de la velocidad binaria o de transmisión

A fin de poder obtener posteriormente importantes conclusiones sobre estos conceptos, analicemos algunos casos particulares:

Para un solo canal que transmita en el modo serie, la expresión, al ser m = 1, quedará simplificada de la siguiente manera:

**Vt = 1/τ⋅ log 2 N = [bps]**

En el caso de que la modulación sea binaria, es decir, N = 2, la expresión se podrá simplificar aún más y quedará como se muestra, ya que 𝐥𝐨𝐠𝟐 𝟐 = 𝟏

**Vt = 1/τ . 1**

*Esta expresión coincide con la correspondiente a la de velocidad de modulación, por lo que en este único caso particular ambas velocidades poseen la misma expresión pero distintas unidades.*

Para el caso de modulaciones de cuatro, ocho y dieciséis estados significativos, resultan, de acuerdo con la expresión:

log2 4 = 2; log2 8 = 3; log2 16 = 4

Luego la velocidad de transmisión para dichos estados será:

Vt = 1/τ .2 Vt = 1/τ.3 Vt = 1/τ.4 [\*]

Relación entre la velocidad binaria o de transmisión y la velocidad de modulación

Para establecer una relación entre ambas velocidades, recordemos que la Vm = 1/τ, por lo tanto reemplazando en la expresión [\*] resultará:

Vt = 2 Vm Vt = 3 Vm Vt = 4 Vm

A partir de estas expresiones se deduce que al aumentar el número de estados significativos de la señal (cuatro, ocho y dieciséis niveles respectivamente), es posible duplicar, triplicar o cuadruplicar la velocidad binaria o de transmisión sin aumentar la velocidad de modulación.

Otra consecuencia importante es que, para pulsos de señal de igual duración, si se aumenta la velocidad de modulación (disminución del ancho de pulso), sin alterar el número de niveles que puede tomar la señal aumenta la velocidad binaria o de transmisión.

Resumiendo, los dos procedimientos clásicos para aumentar la velocidad binaria o de transmisión son:

* Aumentar el número de niveles significativos de la señal sin alterar la velocidad de modulación.
* Disminuir el ancho de pulso de la señal, sin alterar el número de niveles que puede tomar la señal.

Se puede observar que la velocidad de transmisión depende del logaritmo en base 2 del número N de niveles que toma la señal.

En efecto:

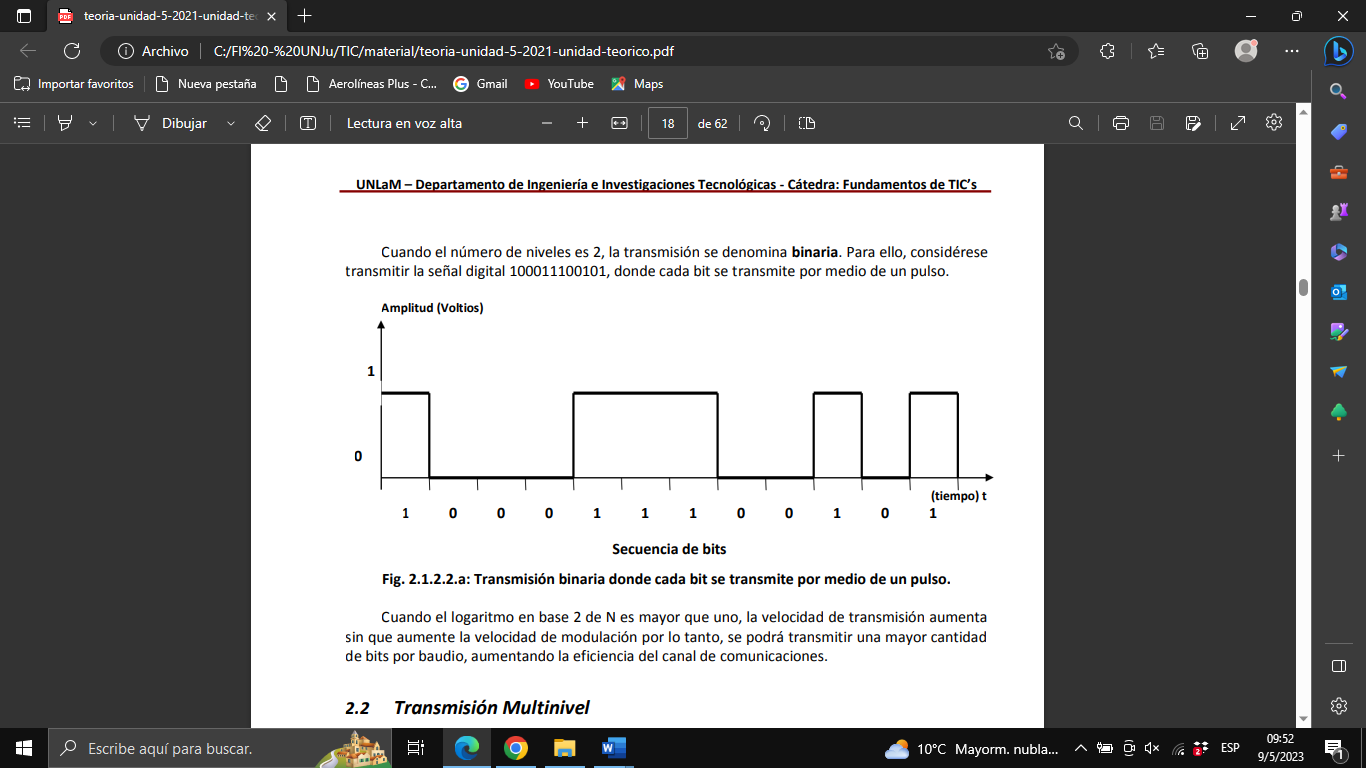
Vt = 1/τ . log2 N

Donde

N = número de niveles de una señal.

**Se denomina transmisión multinivel a aquélla en la que el número de niveles que puede tomar la señal es mayor que 2**

Cuando el número de niveles es 2, la transmisión se denomina binaria. Para ello, considérese transmitir la señal digital 100011100101, donde cada bit se transmite por medio de un pulso.



Cuando el logaritmo en base 2 de N es mayor que uno, la velocidad de transmisión aumenta sin que aumente la velocidad de modulación por lo tanto, se podrá transmitir una mayor cantidad de bits por baudio, aumentando la eficiencia del canal de comunicaciones.

Transmisión Multinivel

Como ya se ha dicho, un aumento de la velocidad de modulación sin un aumento del ancho de banda hace que la cantidad de errores vaya aumentando, y a veces puede llegar a ser tan elevada que hace que la comunicación sea prácticamente inútil.

Es por ello que se han ido explorando técnicas que, sin alterar el esquema físico antes señalado, permitan mejorar sustancialmente la cantidad de información que se puede transmitir por un ancho de banda determinado.

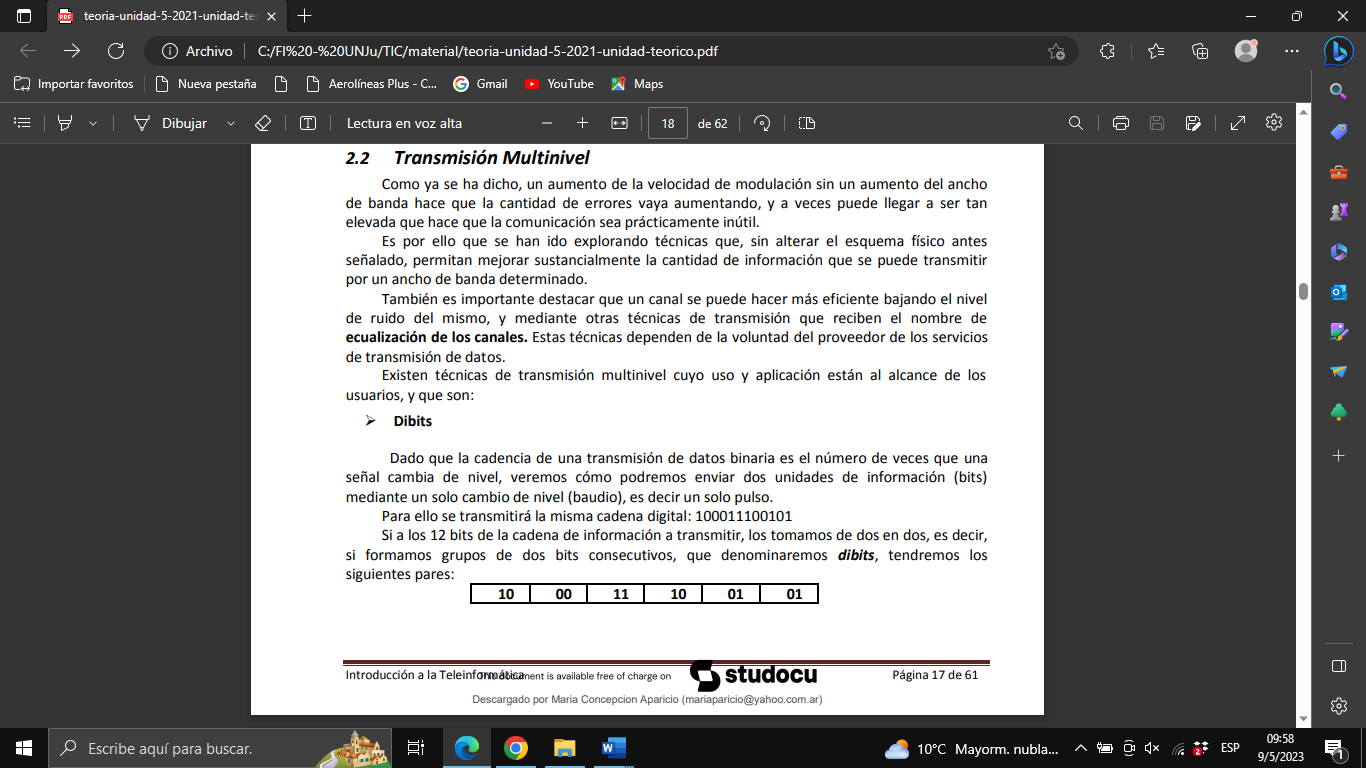
También es importante destacar que un canal se puede hacer más eficiente bajando el nivel de ruido del mismo, y mediante otras técnicas de transmisión que reciben el nombre de ecualización de los canales. Estas técnicas dependen de la voluntad del proveedor de los servicios de transmisión de datos.

Existen técnicas de transmisión multinivel cuyo uso y aplicación están al alcance de los usuarios, y que son:

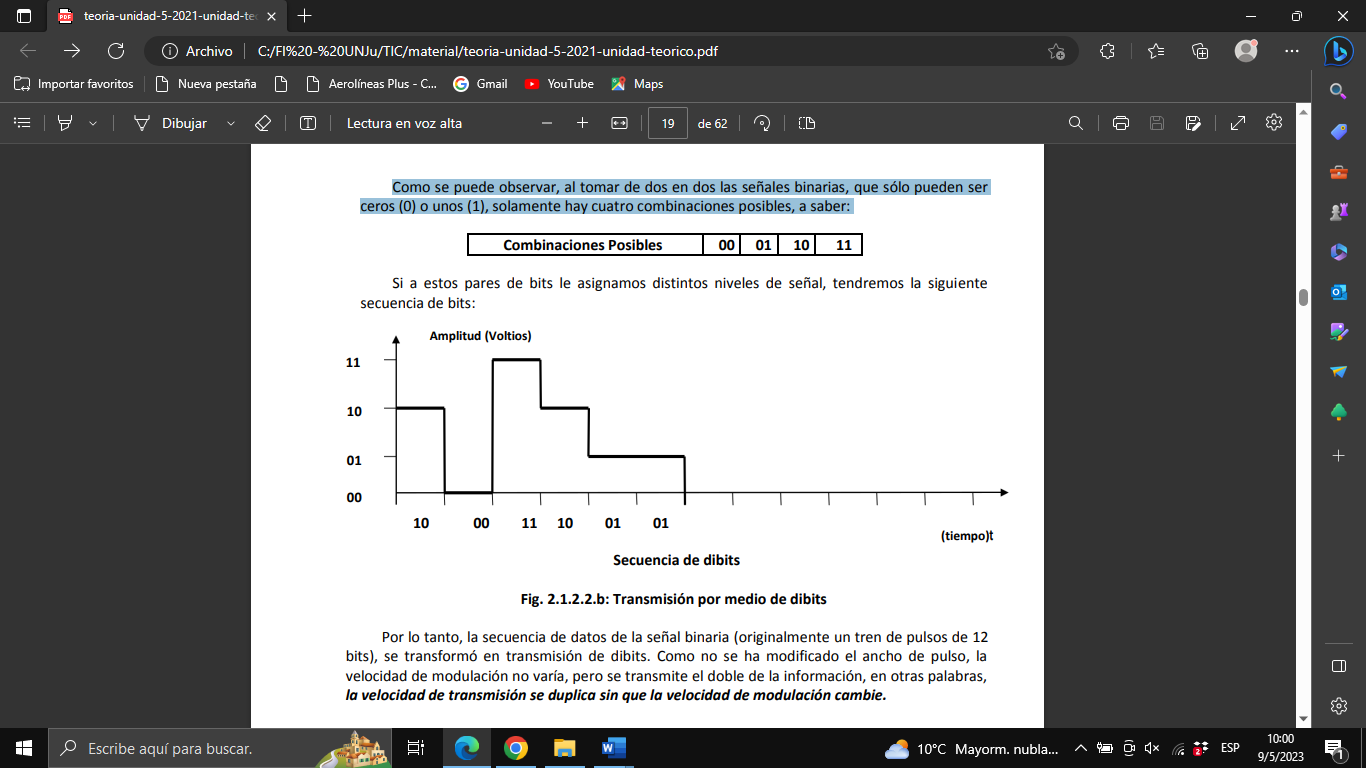
* **Dibits**

Dado que la cadencia de una transmisión de datos binaria es el número de veces que una señal cambia de nivel, veremos cómo podremos enviar dos unidades de información (bits) mediante un solo cambio de nivel (baudio), es decir un solo pulso.

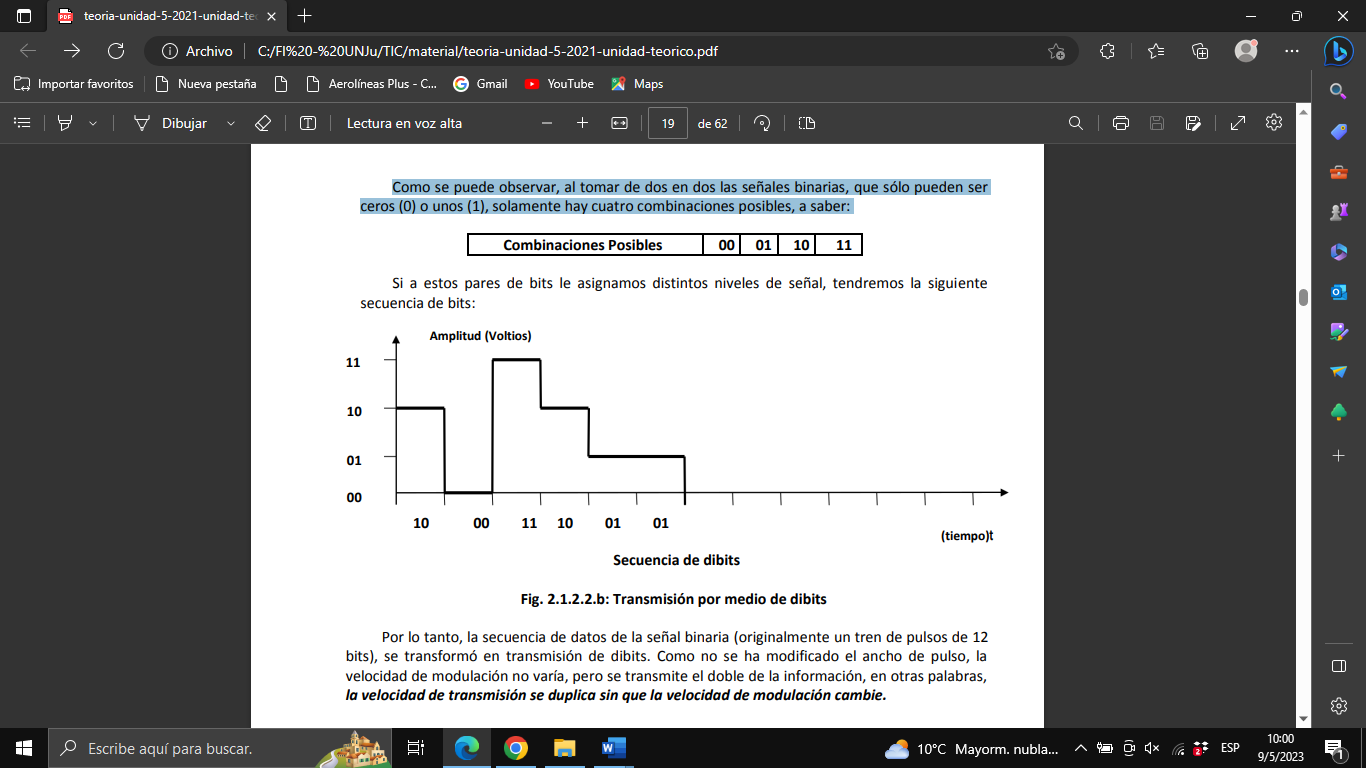
Para ello se transmitirá la misma cadena digital: 100011100101 Si a los 12 bits de la cadena de información a transmitir, los tomamos de dos en dos, es decir, si formamos grupos de dos bits consecutivos, que denominaremos *dibits,* tendremos los siguientes pares:



Como se puede observar, al tomar de dos en dos las señales binarias, que sólo pueden ser ceros (0) o unos (1), solamente hay cuatro combinaciones posibles, a saber:



Si a estos pares de bits le asignamos distintos niveles de señal, tendremos la siguiente secuencia de bits:



Por lo tanto, la secuencia de datos de la señal binaria (originalmente un tren de pulsos de 12 bits), se transformó en transmisión de dibits.

Como no se ha modificado el ancho de pulso, la velocidad de modulación no varía, pero se transmite el doble de la información, en otras palabras, la velocidad de transmisión se duplica sin que la velocidad de modulación cambie.

* **Tribits y Cuatribis:** De la misma manera, si se quisiera mejorar aún más el coeficiente n de la expresión anterior, la cantidad de niveles necesarios para enviar 3 bits en un solo pulso, resultaría ser:

**N = 2n**

Donde:

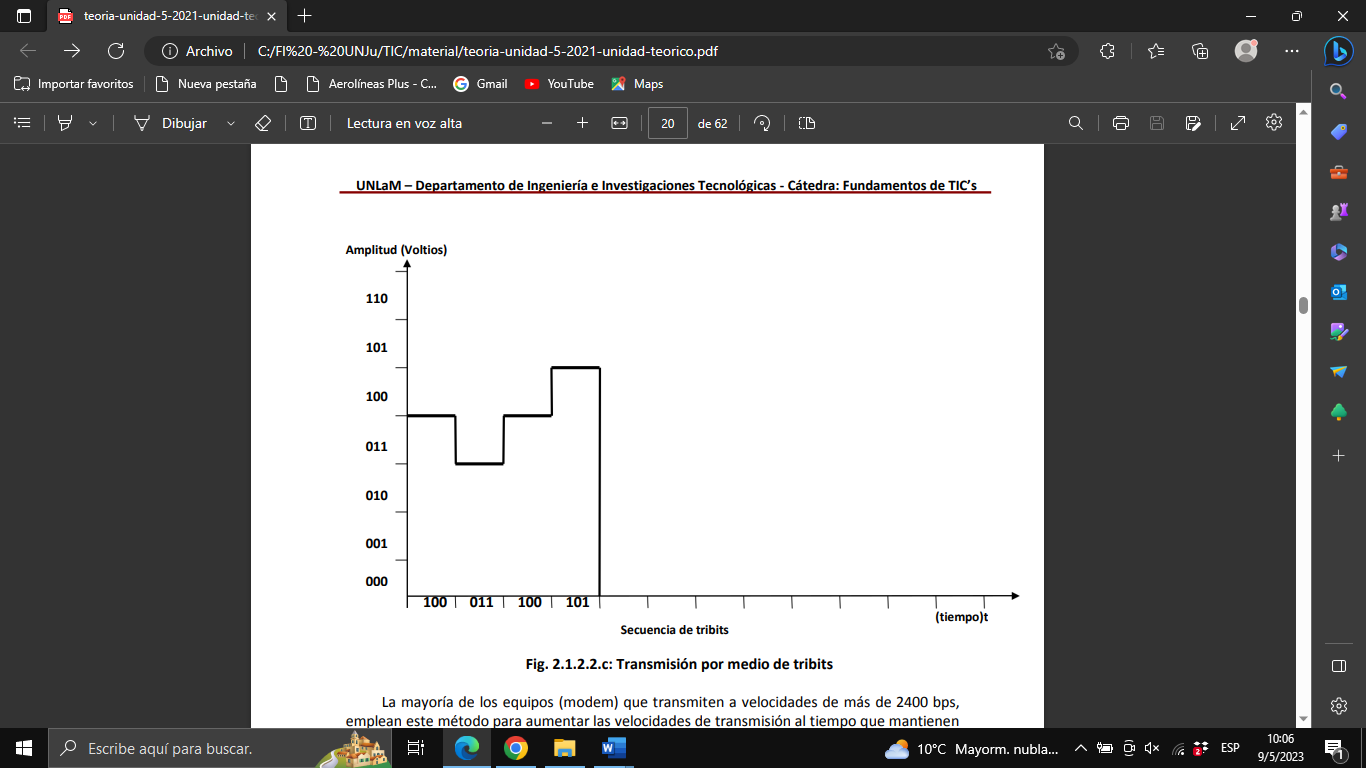
N = número de niveles a transmitir.

n = Número de bits por pulso transmitido.

Luego:

Para n = 2, se necesitarán 4 niveles y se obtendrán dibits.

Para n = 3, se necesitarán 8 niveles y se obtendrán tríbits.



Para n = 4, se necesitarán 16 niveles y se obtendrá cuadribits

La mayoría de los equipos (modem) que transmiten a velocidades de más de 2400 bps, emplean este método para aumentar las velocidades de transmisión al tiempo que mantienen la velocidad de modulación en 2400 baudios.

Cuando se procede a hacer una conexión a la red usando las facilidades que muchos de los sistemas operativos actuales ofrecen, en el momento de la conexión suelen indicar la velocidad de transmisión a la que el módem se conectó con el corresponsal; y muchas veces se advierten velocidades menores a las que el equipo ofrece como velocidad máxima. Lo que ha ocurrido es que, por defectos en la línea de comunicaciones, el módem prefirió utilizar una velocidad menor, para que la cantidad de errores fuese razonable.

Velocidad de transferencia de datos

Se puede definir un concepto de velocidad que se encuentra relacionada con el enlace de datos y se refiere a los bits que contienen exclusivamente información. Esta se denomina velocidad de transferencia de datos y se define como:

**El número medio de bits (con información) por unidad de tiempo que se transmiten entre equipos correspondientes a un sistema de transmisión de datos.**

**Vtd = número de bits transmitidos / tiempo empleado**

Normalmente la Vtd se mide en bps (bits por segundo), aunque si en lugar de bits, se consideran bytes, caracteres, palabras o bloques, se obtendrán unidades del tipo bytes/seg. o caracteres/seg.

Corresponde siempre señalar entre qué puntos se ha considerado esta velocidad, por lo que debe indicarse los equipos terminales de datos que hacen de fuente, y los equipos terminales (módem) o intermedios del circuito de datos.

La velocidad de transferencia de datos se refiere siempre a las señales digitales enviadas por la fuente y recibidas por el colector, por ello se relaciona con los bits que contienen información.

Velocidad real de transferencia de datos

Otra definición importante surge cuando se tienen en cuenta los errores de transmisión, si los hubiera; y así se puede definir la llamada *velocidad real de transferencia de datos*.

**Número medio de bits por unidad de tiempo que se transmiten entre los equipos de un sistema de transmisión de datos, a condición de que el receptor de los mismos los acepte como válidos.**

Como se puede apreciar, esta definición es exactamente igual a la de velocidad de transferencia de datos, a excepción de que *aquí se requiere que se midan sólo los bits, bytes, palabras o bloques sin errores de transmisión*, que han llegado de la fuente transmisora al equipo receptor.

**Vrtd = Vtd \* R**  (R = rendimiento)

Como R es un valor inferior a la unidad*, siempre Vrtd será inferior a Vtd*, lo que equivale a decir que el régimen de bps disminuye, por lo tanto, el tiempo de transmisión aumenta.

(Rendimiento) **R = Total bits válidos / Total Bits transmitidos \* 100**

**Tr = Tc / R** (Tr = Tiempo Real de transmisión y Tc = Tiempo Calculado)

El siguiente ejemplo nos permite fijar el concepto:

La velocidad de un canal es de 8000 baud y se emplean 4 niveles. El sistema transmite en forma sincrónica y la información no se comprime. El número medio de bits por unidad de tiempo que se transmite entre los equipos del sistema de transmisión de datos, a condición que el receptor de los mismos los acepte como válidos es el 70 % de la calculada teóricamente. Indique el tiempo real que tardara en transmitir 22400 caracteres de 8 bits cada uno

¿Qué pregunta el problema? *TIEMPO*

¿Qué datos proporciona? Vm= 8000 baud. o N= 4 o R= 70% o Mensaje= 22400  
 caracteres de 8 bits cada uno.

¿Cómo utilizamos los datos para obtener el resultado?

Si bien Vm se mide en baud, se sabe que:

Vm = 1 / τ donde τ es el ancho de pulso que se mide en segundos. De allí se obtiene el tiempo.

Como τ = 1 / Vm entonces τ = 1 / 8000 baud y se obtiene τ = 0,000125 seg

Como se emplean 4 niveles, se transmiten 2 bits por cada pulso, es decir en 0,000125 seg, se transmiten 2 bits.

Tiempo en transmitir un bit = τ / 2 = 0,0000625 s.

Sabemos que un carácter tiene 8 bits entonces

Tiempo en transmitir un carácter = Tiempo en transmitir un bit \* 8 = 0,0000625 seg \* 8 =>

**Tiempo en transmitir un carácter = 0,0005 seg**

Entonces el tiempo para transmitir 22400 caracteres es:

Tiempo en transmitir un carácter \* 22400 = 0,0005 s \* 22400

**Tiempo en transmitir 22400 caracteres = 11, 2 s** (Tiempo calculado)

Por enunciado se sabe que el sistema de transmisión tiene un rendimiento del 70 %.

Tiempo Real = Tiempo calculado / Rendimiento (Tr = Tc / R) entonces

**Tr** = 11, 2 s / 0.7 = **16 s**

**Respuesta: El tiempo real que tardara en transmitir 22400 caracteres de 8 bits c/u, es 16 seg.**

Ancho de Banda

El concepto de ancho de banda es uno de los más importantes y actuales en el campo de las telecomunicaciones. Se denomina ancho de banda de una señal a lo siguiente:

Intervalo de frecuencias para las cuales la distorsión lineal y la atenuación permanecen bajo límites determinados y constantes. Los valores que se toman como valores de referencia pueden ser arbitrarios.

*Δ f = f2 - f1*

También se puede definir como:

**La cantidad de información que puede fluir a través de una conexión de red en un período dado.**

Si bien los límites pueden ser arbitrarios, en la generalidad de los casos, se definen para una atenuación de 3 dB con respecto al valor que tiene la señal a la frecuencia de referencia. Los valores de f1 y f2: se denominan límites inferior y superior del ancho de banda de una señal. Para los mismos la atenuación de la señal es de 3 dB respecto al valor f de referencia, que se encuentra a 0 dB.

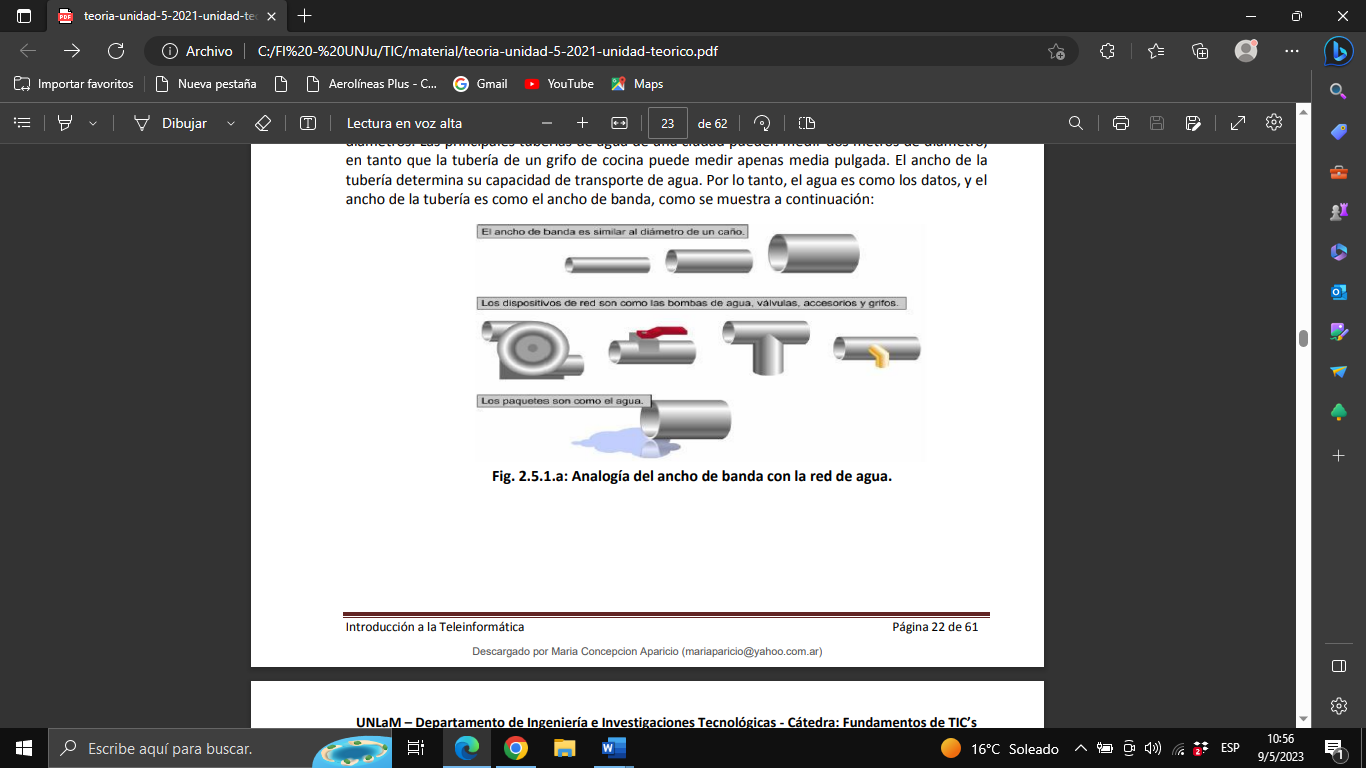
**Importancia del Ancho de Banda**

Es esencial comprender el concepto de ancho de banda al estudiar redes, por las siguientes cuatro razones:

* El ancho de banda es finito. Independientemente del medio que se utilice para construir la red existen límites para la capacidad de la red para transportar información. El ancho de banda está limitado por las leyes de la física y por las tecnologías empleadas para colocar la información en los medios.
* El ancho de banda no es gratuito. Comprender el significado del ancho de banda, y los cambios en su demanda a través del tiempo, pueden abonarle importantes sumas de dinero a un individuo o a una empresa.
* El ancho de banda es un factor clave a la hora de analizar el rendimiento de una red, diseñar nuevas redes y comprender la Internet. La información fluye en una cadena de bits de una computadora a otra en todo el mundo. Estos bits representan enormes cantidades de información que fluyen de ida y de vuelta a través del planeta en segundos, o menos. En cierto sentido, puede ser conecto afirmar que la Internet es puro ancho de banda.
* El ancho de banda es fundamental para el desempeño de la red. No bien se constituyen nuevas tecnologías e infraestructuras de red para brindar mayor ancho de banda, se crean nuevas aplicaciones que aprovechan esa mayor capacidad. La entrega de contenidos de medios enriquecidos a través de la red incluyendo video y audio fluido, requiere muchísima cantidad de ancho de banda.

El ancho de banda se define como la cantidad de información que puede fluir a través de una red en un período dado. La idea de que la información fluye, sugiere dos analogías que podrían facilitar la visualización del ancho de banda en una red:

El ancho de banda es similar al diámetro de un caño. Una red de tuberías trae agua potable a los hogares y las empresas y se lleva las aguas servidas. Esta red de agua está compuesta de tuberías de diferentes diámetros. Las principales tuberías de agua de una ciudad pueden medir dos metros de diámetro, en tanto que la tubería de un grifo de cocina puede medir apenas dos centímetros. El ancho de la tubería determina su capacidad de transporte de agua. Por lo tanto, el agua es como los datos, y el ancho de la tubería es como el ancho.

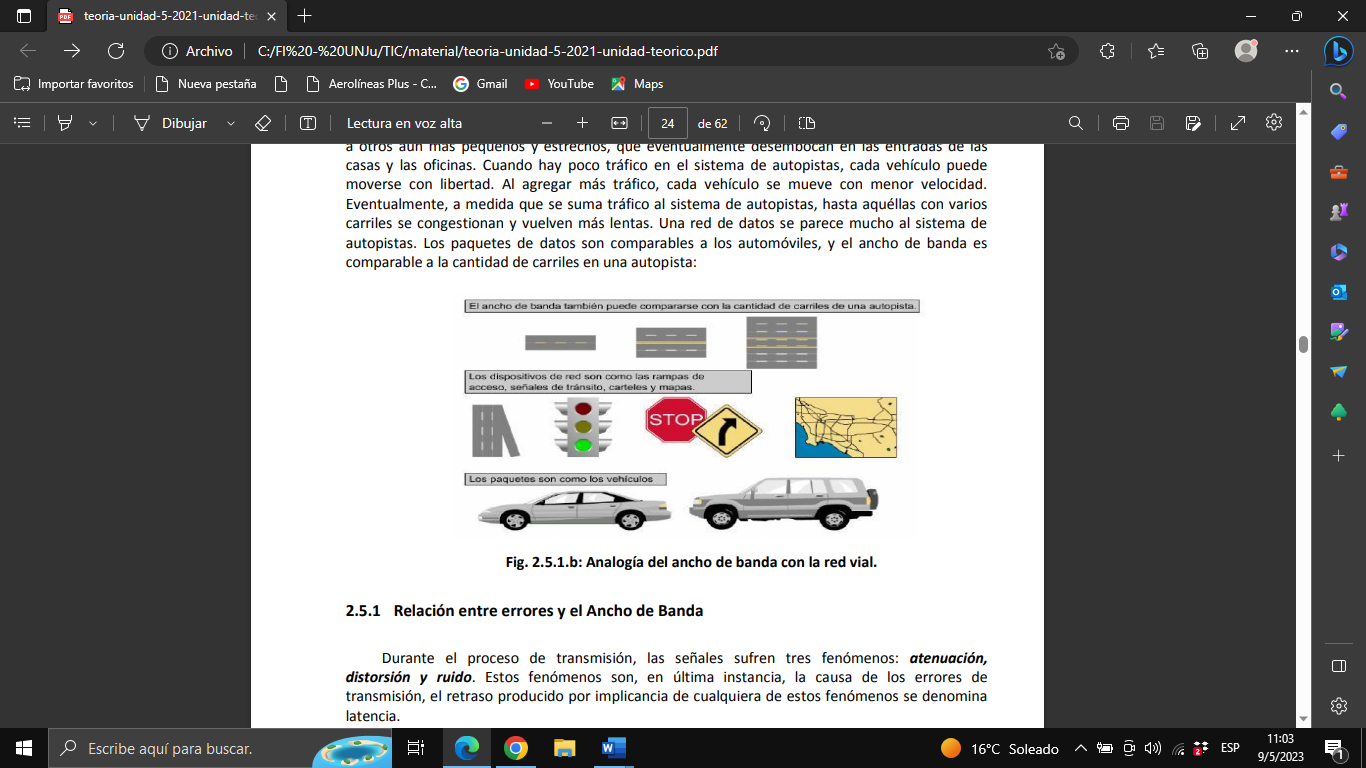


Analogía del ancho de banda con la red de agua.

El ancho de banda puede compararse con la cantidad de carriles de una autopista.

Una red de caminos sirve a cada ciudad o pueblo. Las grandes autopistas con muchos carriles se conectan a caminos más pequeños con menor cantidad de carriles. Estos caminos llevan a otros aún más pequeños y estrechos, que eventualmente desembocan en las entradas de las casas y las oficinas. Cuando hay poco tráfico en el sistema de autopistas, cada vehículo puede moverse con libertad. Al agregar más tráfico, cada vehículo se mueve con menor velocidad.

Eventualmente. a medida que se suma tráfico al sistema de autopistas, hasta aquéllas con varios carriles se congestionan y vuelven más lentas. Una red de datos se parece mucho al sistema de autopistas. Los paquetes de datos son comparables a los automóviles, y el ancho de banda es comparable a la cantidad de carriles en una autopista.



Analogía del ancho de banda con una red vial

**Efectos del Ancho de Banda sobre una Señal**

Cuando una señal cuadrada, rectangular o en general cualquier señal digital pasa a través de un soporte físico, siempre sufre una deformación producida por la limitación que origina lo que se denomina el ancho de banda pasante del medio. El efecto es tal que la señal se deforma a medida que el ancho de banda disminuye.

El ancho de banda pasante es el intervalo de frecuencia:

*Δ f = f2 - f1*

tal que:

* Las componentes de la serie Furrier, cuyas frecuencias están comprendidas entre esos límites, sufren atenuaciones de hasta 3 dB
* Las que se encuentran por arriba y por el medio actúa como un filtro que sólo deja pasar, a efectos prácticos, las del ancho de banda señalado.

Se dice entonces que el medio de comunicaciones se comporta como un filtro pasa banda Estos filtros tienen la característica de dejar pasar las frecuencias comprendidas dentro de una banda, cuyos límites están dados precisamente por el valor más bajo de los arriba indicados.

Si el ancho de banda fuese teóricamente infinito, es decir:

*F1 = 0 F2 =*  **∞**

Relación entre la Tasa de Error y el Ancho de Banda

Durante el proceso de transmisión las señales sufren tres fenómenos: **atenuación, distorsión y ruido**. Estos fenómenos son, en última instancia, la causa de los errores de transmisión, el retraso producido por implicancia de cualquiera de estos fenómenos se denomina latencia.

Por muchas razones, siempre se intenta que el tiempo de transmisión sea mínimo, algunas de ellas son las siguientes:

* Para lograr que el procesamiento de la información sea más eficiente, es necesario que llegue la mayor cantidad de datos por unidad de tiempo.
* Cuando se opera en tiempo real los operadores deben esperar una respuesta en el menor tiempo posible. Por ejemplo, una transferencia a través de Cajero Automático.
* Finalmente, y quizá la más importante, la mayoría de las comunicaciones se cobran en función de lo que duran, y por tanto, cuanto menor sea la cantidad de datos por unidad de tiempo, menor será su costo.

Por estas y otras muchas razones se busca transmitir a la mayor velocidad posible. Sin embargo, la velocidad está directamente relacionada con el ancho de banda disponible y con el nivel de ruido existente en el canal de comunicaciones que se use y es precisamente la denominada velocidad de modulación, o velocidad de. señalización, como se la llamaba antiguamente la que está directamente relacionada con el ancho de banda disponible.

Cuanto mayor es la velocidad de modulación, menor es el periodo T de cada ciclo transmitido.

Cuando se fuerza una determinada velocidad de modulación por encima de lo que permite el ancho de banda disponible entonces el canal de comunicaciones reaccionará aumentando la tasa de errores.

En la siguiente tabla se presentan los principales fenómenos que alteran las comunicaciones:

|  |  |
| --- | --- |
| **Fenómenos** | **Características** |
| Atenuación | * Se caracteriza por la disminución de la intensidad de la señal a medida que recorre el medio de comunicaciones. * La atenuación aumenta en forma proporcional a la distancia recorrida desde el emisor. * Su efecto es la reducción en la amplitud de la señal. * La atenuación es propia del cable o elemento conductor. * El efecto es más notable en las redes analógicas. |
| Distorsión | * En términos prácticos, el efecto es una deformación de la señal original. * El efecto es más notable en las redes digitales. |
| Ruido | * Es toda perturbación o interferencia no deseada que se introduce en el canal de comunicaciones. * Su característica es la aditividad, pues su intensidad se suma a la de la propia señal de información que se desea transmitir. * El efecto del mido es también el de una deformación. * Si se amplifica una señal, el nudo también es amplificado. |

Para resolver estos fenómenos que alteran las comunicaciones, se utilizan distintos dispositivos:

|  |  |
| --- | --- |
| **Equipos** | **Características** |
| Amplificador | * Se utiliza para solucionar el problema de la atenuación en las redes analógicas. * Las señales que llegan al amplificador están atenuadas respecto de su amplitud original. * Las que salen de él tienen un nivel de amplitud tal que puede ser detectadas por el receptor. * El amplificador tiene su propio nudo interno que se suma a la señal que se debe amplificar. * En consecuencia, si en un canal analógico se añaden cada vez más amplificadores para resolver el problema de la atenuación, se llega a un punto en el que el mido es tan grande que la señal original se pierde. |
| Repetidores Regenerativos | * Permiten regenerar los pulsos luego que estos sufren fundamentalmente el proceso de distorsión en las redes digitales. * No se trata de una amplificación, sino de la reconstrucción de la señal con una forma semejante a la original. La cantidad de amplificadores y repetidores que se deberá colocar en el recorrido del canal de comunicaciones dependerá de la distancia que debe cubrir cada circuito. |

Existen elementos adicionales que se utilizan para especializar la comunicación:

|  |  |
| --- | --- |
| **Elementos adicionales** | **Características** |
| Filtros | * Son aquellas partes de redes de comunicaciones que presentan características selectivas respecto de las frecuencias. * El filtro permite seleccionar las frecuencias de las señales que pasarán libremente, de otras frecuencias indeseables, que no pasarán. * De esta manera la señal original queda libre de lo que se llama interferencias producidas por el mido. |
| Distribuidores y concentradores | * Son los encargados de repartir y agrupar las señales eléctricas entre diversos emisores yreceptores. |
| Conmutadores | * Son los dispositivos encargados de establecer un canal de comunicación adecuado. * Ejemplo son las centrales telefónicas de comunicación. |
| Antenas | * Son los dispositivos que permiten que una señal eléctrica sea capturada y luego se propague por un canal inalámbrico. |

Compresión de Datos

El desarrollo de la informática y la teleinformática ha provocado en los últimos años un crecimiento acelerado de los volúmenes de información que deben ser almacenados en bases de datos.

La necesidad de transferir estos crecientes volúmenes de datos a través de redes de comunicación, ha ido acrecentando los problemas que deben resolver los administradores de red. Los dueños de computadoras personales no han sido ajenos a este fenómeno, ya que hoy en día necesitan discos de mayor tamaño, más ancho de banda, y mayor capacidad de procesamiento para su instalación y operación.

Día a día se va exigido a la industria del hardware dispositivos más veloces y sistemas de multiplexado de canales de comunicaciones más eficientes (recordar concepto de multiplexor o selector). Estos equipos, se mejoran constantemente con el objeto de abaratar costos y optimizar el canal de las comunicaciones.

Dentro de este esquema, los sistemas de compresión de datos han ido ganando mercado rápidamente. Estos sistemas, al utilizar códigos más sofisticados o métodos lógicos de compresión, permiten reducir el volumen de datos y abaratar las transmisiones. Así se logra transferir mayor cantidad de información en tiempos menor tiempo sin necesidad de aumentar el ancho de banda.

La compresión de datos, en resumen, actúa sobre un circuito teleinformático de la misma manera que las señales multinivel, ya que mejora aún más la velocidad de transmisión, pero ésta vista desde la óptica exclusiva del Equipo Terminal de Datos. Esto significa que la velocidad de transmisión en el canal de comunicaciones queda totalmente inalterada.

La compresión de datos permite aumentar la velocidad real de transferencia de datos manteniendo constante tanto la velocidad de modulación como la velocidad de transmisión.

**La compresión de datos es una técnica que permite reducir el tamaño de un conjunto de datos sin alterar el significado de la información que contiene.**

**Índice de compresión**: Es el número que resulta de dividir la longitud original de un conjunto de datos (medidos en bits o en bytes) por la longitud del mismo conjunto luego de haber sido comprimido.

**C = longitud original del conjunto de datos / longitud comprimida del conjunto de datos.**

Como se puede apreciar, la longitud original del conjunto de datos a comprimir será siempre mayor que la de los datos ya comprimidos, por lo que el cociente será siempre mayor que uno.

**C (índice de compresión) >1**