

**COMUNICACIONES K4051  
AÑO 2020 – VIRTUAL**

**GUIA TRABAJO PRACTICO NRO 1  
PARTE PRACTICA**

**Repaso de conceptos básicos de electricidad y circuitos. Introducción a la teleinformática y la red Internet.**

- 1- Hallar la resistencia de una estufa que consume 3 A y se alimenta con una tensión de 120 V.

Aplicando ley de Ohm

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120V}{3A} = 40\Omega$$

- 2- Determinar la resistividad de un conductor que tiene 4 km de longitud, 16 mm<sup>2</sup> de sección y una resistencia de 20  $\Omega$ .

Aplicando la expresión que permite calcular la resistividad de un conductor

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Donde

$\rho$ : Resistividad del conductor

L: Longitud

S: Sección

R: Resistencia

$$\rho = R \times \frac{S}{L} = \frac{20\Omega \times 16mm^2}{4000m} = 0,08 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} = 0,08 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$$

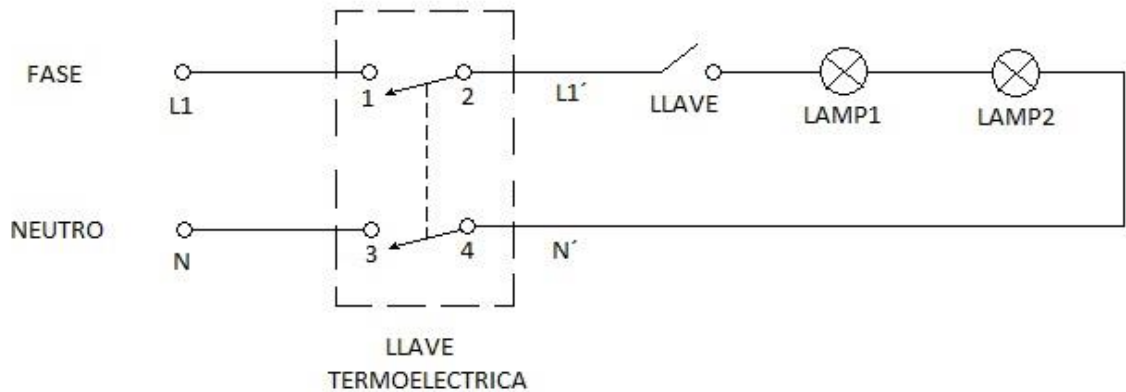
- 3- Calcular la longitud de un hilo de ferro-níquel de 2,6 mm de diámetro y 500  $\Omega$  de resistencia, para una resistividad de 0,8 x 10<sup>-9</sup>  $\Omega$  m.

Aplicamos la expresión de la resistividad de un conductor, pero tenemos que calcular primero la sección

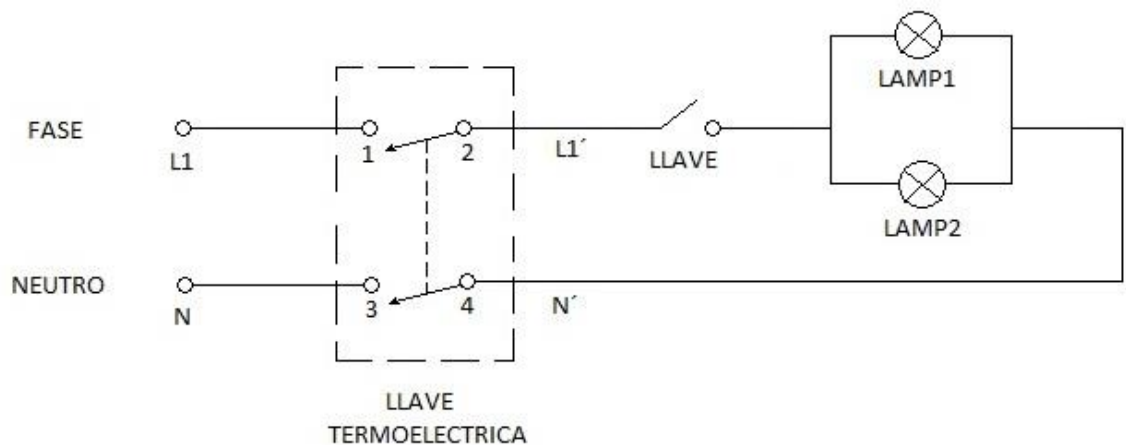
$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 = 3,14 \times \left( \frac{2,6mm}{2} \right)^2 = 5,3mm^2$$

$$L = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{500\Omega \times 5,3mm^2}{0,8 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m} = 3312,5km$$

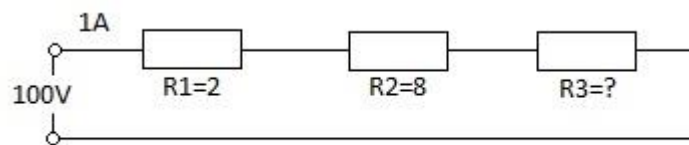
- 4- Graficar el esquema de conexión de dos lámparas en serie incluida la protección termoelectrica correspondiente.



- 5- Graficar el esquema de conexión de dos lámparas en paralelo incluida la protección termoelectrica correspondiente.



- 6- Calcular la resistencia desconocida en un circuito alimentado con 100 V, que toma 1 A y compuesto por tres resistencias en serie:  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 8 \Omega$ ,  $R_3 = x \Omega$ .



$$VR1 = 1A \cdot 2\Omega = 2V$$

$$VR2 = 1A \cdot 8\Omega = 8V$$

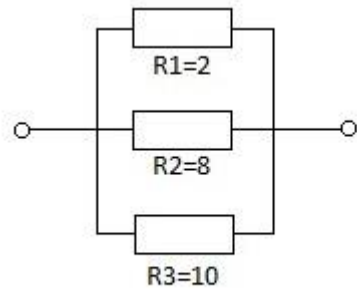
$$VR3 = VT - (VR1 + VR2)$$

$$VR3 = 100V - 10V = 90V$$

$$R3 = \frac{VR3}{I} = \frac{90V}{1A} = 90\Omega$$

$$R1 + R2 + R3 = 90\Omega + 2\Omega + 8\Omega = 100\Omega$$

- 7 Calcular la resistencia total de tres resistencias en paralelo:  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 10 \Omega$ ,  $R_3 = 8 \Omega$



$$RT = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10}} = \frac{1}{\frac{40+8+10}{80}} = \frac{80}{58} = 1,38\Omega$$

- 8 Un televisor consume una potencia de 200 W y permanece encendido durante 8 h y un calefactor de 500 W permanece encendido durante 3 h. Cuál de los dos artefactos consume más energía en los tiempos indicados? Si el kWh vale \$ 60, calcule el gasto total ocasionado por los dos artefactos.

$E = P \cdot t$ , La energía consumida por un dispositivo electrico se mide en kwh

$$E_{tv} = 0,2 \text{ kW} \cdot 8 \text{ h} = 1,6 \text{ kWh}$$

$$E_{cal} = 0,5 \text{ kW} \cdot 3 \text{ h} = 1,5 \text{ kWh}$$

Gastos:

$$TV \rightarrow 1,6 \text{ kWh} \cdot \$ 60 = \$ 96$$

$$CAL \rightarrow 1,5 \text{ kWh} \cdot \$ 60 = \$ 90$$

Conclusión: ambos artefactos gastan prácticamente lo mismo, un total de \$ 186.

- 9 Una lámpara de 25 W se conecta a los terminales de una batería , y la corriente en dicha lámpara es de 2,5 A. Calcule la tensión entre los terminales de la lámpara. Calcule la resistencia de la lámpara.

$$P = V \cdot I$$

$$V = \frac{P}{I} = \frac{25W}{2,5A} = 10V$$

De la ley de Ohm

$$I \cdot R = V$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10V}{2,5A} = 4\Omega$$

- 10 Si la lámpara del problema anterior se conecta a una batería de 15 V, calcule la potencia consumida.

$$P = V \cdot I$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(15V)^2}{4\Omega} = 56,25W$$

- 11 Un calefactor de 1100 W, está diseñado para que funcione con una tensión de 220 V. Calcule la resistencia del calefactor. Si la tensión baja a 200 V, calcule en que porcentaje baja la potencia consumida.

$$P_1 = V \cdot I$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1100W}{220V} = 5A$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220V}{5A} = 44\Omega$$

Para 200V

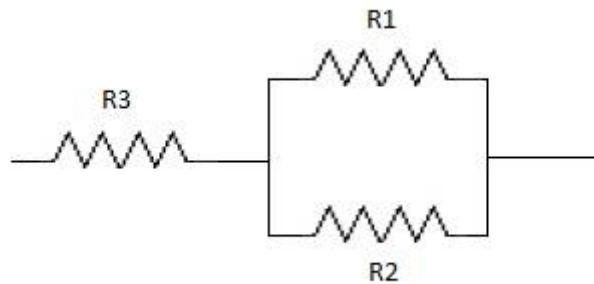
$$P_2 = \frac{V^2}{R} = \frac{(200V)^2}{44\Omega} = 909W$$

$$P_{disminuida} = 1100W - 909W = 191W$$

$$D\% = \frac{191W \cdot 100}{1100W} = 17.36\%$$

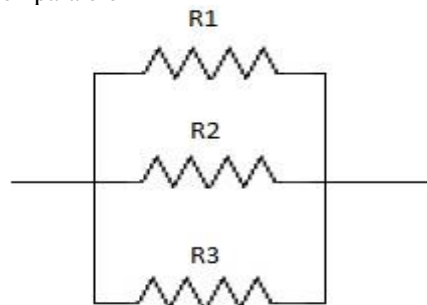
12 Sean 3 resistencias  $R_1 = 3\Omega$ ,  $R_2 = 6\Omega$ ,  $R_3 = 8\Omega$ . Calcule la resistencia equivalente en los siguientes casos:

A) Si  $R_1$  se conecta en paralelo con  $R_2$



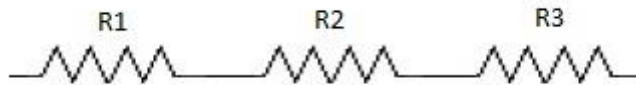
$$RT = R3 + \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}} = 8 + \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6}} = 8 + \frac{1}{\frac{2}{6} + \frac{1}{6}} = 8 + \frac{1}{\frac{3}{6}} = 8 + \frac{1}{\frac{1}{2}} = 8 + 2 = 10\Omega$$

B) Si  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  se conectan en paralelo



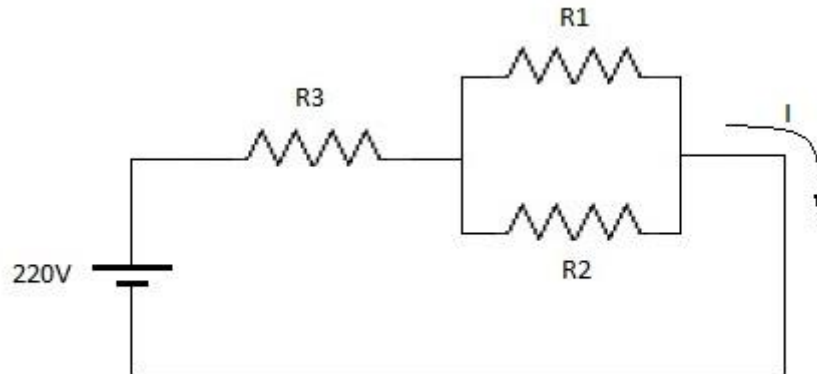
$$RT = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}} = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{8}} = \frac{1}{\frac{8}{24} + \frac{4}{24} + \frac{3}{24}} = \frac{1}{\frac{15}{24}} = \frac{24}{15} = 1.6\Omega$$

C) Si  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  se conectan en serie



$$RT = R1 + R2 + R3 = 3 + 6 + 8 = 17\Omega$$

13 Para el caso A del ejercicio anterior calcule la corriente en cada resistencia, si la serie de resistencias se conecta a una tensión de 220 V. En tal caso calcule la tensión y la potencia en cada resistencia.



$$I = \frac{V}{RT} = \frac{220V}{10\Omega} = 22A$$

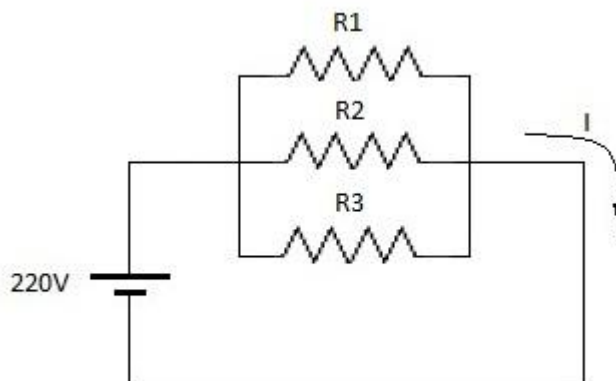
$$VR3 = 22A \cdot 8\Omega = 176V$$

$$V_{par} = VR1 = VR2 = 22A \cdot 2\Omega = 44V$$

$$VT = VR3 + V_{par} = 176V + 44V = 220V$$

$V_{par}$  = Tension las resistencias conectadas en paralelo

14 Para el caso de conectar las tres resistencias en paralelo, calcule la corriente en cada resistencia, si el sistema se conecta a una tensión de 220 V. Calcule la corriente y la potencia en cada resistencia.



$$RT = 1.6\Omega$$

$$I = \frac{V}{RT} = \frac{220V}{1.6\Omega} = 137,5A$$

$$IR1 = \frac{220V}{R1} = \frac{220V}{3\Omega} = 73,33A$$

$$IR2 = \frac{220V}{R2} = \frac{220V}{6\Omega} = 36,66A$$

$$IR3 = \frac{220V}{R3} = \frac{220V}{8\Omega} = 27,5A$$

$$I = IR1 + IR2 + IR3 \cong 137,5A$$

$$PR1 = 220V \cdot 73,33A = 16,13kW$$

$$PR2 = 220V \cdot 36,66A = 8,06kW$$

$$PR3 = 220V \cdot 27,5A = 6,05kW$$

15 Una batería tiene una tensión de 12 V y una resistencia interna de 1  $\Omega$ . Si se le conecta una lámpara que tiene una resistencia de 11  $\Omega$  calcule:

A) La corriente en la lámpara

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12V}{(1+11)\Omega} = 1A$$

B) El voltaje en los terminales de la lámpara

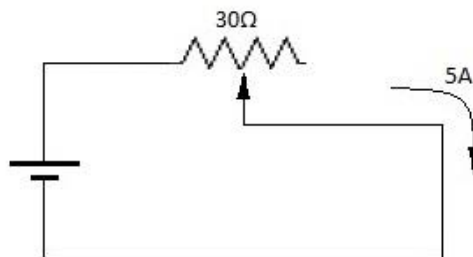
$$V = I \cdot R = 1A \cdot 11\Omega = 11V$$

c) La potencia consumida por la lámpara

$$P = V \cdot I = 1A \cdot 11V = 11W$$

d) La potencia disipada en el interior de la batería  $P = V \cdot I = I \cdot R \cdot V = I^2 \cdot R = 1W$

16 ¿Qué diferencia de potencial hay que aplicar a un reóstato de 30  $\Omega$  para que circulen a través de él 5 amperios?

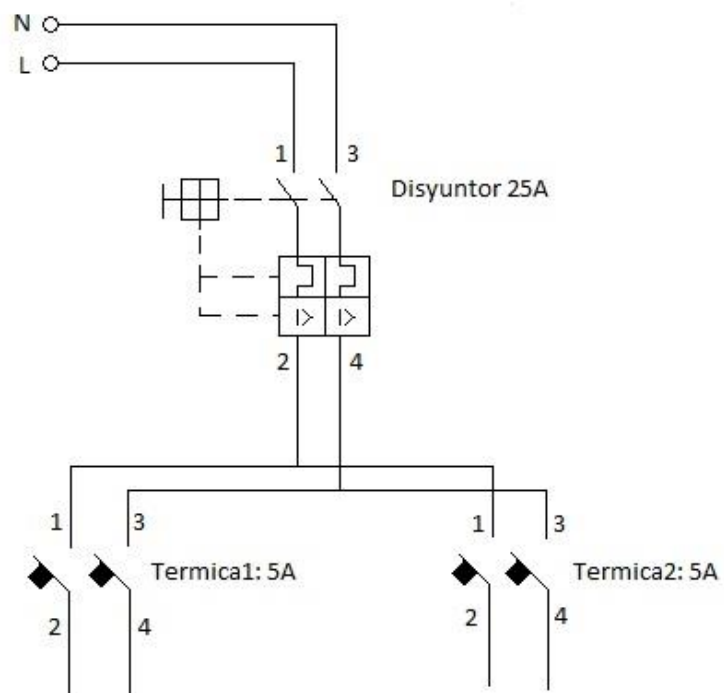


$$V = I \cdot R = 30\Omega \cdot 5A = 150V$$

17 ¿Qué diferencias existen entre un interruptor diferencial y en una llave térmica y cómo se instalan en un circuito eléctrico?

Interruptor diferencial: corta el suministro eléctrico cuando debido a una fuga a tierra, la diferencia de corriente entre la fase y el neutro supera un umbral bajo (típico 30mA).

Interruptor térmico: corta el suministro eléctrico cuando se produce un cortocircuito que ocasiona que la corriente de fase supere un umbral alto (típico un 30% mayor que el nominal).



## **DEFINICIONES BASICAS**

**Byte:** Numero de bits utilizados para representar un carácter en un sistema de codificación dado

Normalmente se asocia un **byte = 8 bits**, ya que este es el sistema de codificación que se usa en los computadores. Pero esta relación varia en los distintos sistemas de codificación.

**Palabra:** Numero de bytes fijos que un computador trata como una unidad cuando los transfiere entre sus distintas unidades o los somete a distintos procesos (lectura, escritura, etc.)

Este concepto es típicamente informático, muchos **fabricantes** utilizan la medida de una **palabra = 4 bytes** , pero también existe el concepto de **palabra doble (8 bytes) y media palabra (2 bytes)**

**Velocidad de modulación:** Inversa del tiempo que dura el elemento mas corto de señal, que se utiliza para crear un pulso

La velocidad se mide en **baudios**

$$V_m = 1/T \quad [\text{baudios}]$$

T= Duración del pulso en segundos (ancho del pulso)



## **DEFINICIONES BASICAS**

**Velocidad binaria:** Velocidad global expresada en bits por segundos

**Velocidad de transmisión:** En un canal de datos, numero de dígitos binarios transmitidos en la unidad de tiempo.

La velocidad binaria y de transmisión se miden en **bits por segundo (bps)**. Esta velocidad esta relacionada con el circuito de datos.

En las transmisiones asíncronas este concepto carece de sentido ya que los espacios entre caracteres pueden ser variables. **En transmisiones asíncronas se utiliza la velocidad modular.**

La velocidad binaria y de **transmisión se usa entonces en los sistemas sincrónicos**. En ese caso, si las transmisiones **no son del tipo multinivel, ambas coinciden**.

## ***DEFINICIONES BASICAS***

Para un enlace de m canales, y de n niveles, la velocidad de transmisión será:

$$Vt = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{1}{T_i} * \log_2 n_i$$

Donde: m: Numero de canales

$T_i$ : Es la menor duración teórica de un elemento de señal, expresada en segundos, para el i-ésimo canal.

$n_i$ : es el numero de estados significativos de la modulación del i-ésimo canal

# ***DEFINICIONES BASICAS***

## **Casos particulares**

\*  $m=1$

$$V_t = 1/T \log_2 n = [\text{bps}]$$

\*  $n=2$

$$V_t = 1/T$$

Esta expresión coincide con la velocidad de modulación.

\* Para el caso de modulaciones de 4, 8 y 16 estados significativos

$$\log_2 4=2 \qquad \log_2 8=3 \qquad \log_2 16=4$$

Luego la velocidad de transmisión para dichos estados será:

$$V_t = 2 \ 1/T, \quad V_t = 3 \ 1/T, \quad V_t = 4 \ 1/T$$

## DEFINICIONES BASICAS

### Relación entre la velocidad de transmisión y la velocidad de modulación

Cuando la modulación es binaria la expresión es igual a la velocidad de modulación entonces resulta

$$V_t = 2 | V_m | ; \quad V_t = 3 | V_m | ; \quad V_t = 4 | V_m | ;$$

A partir de estas expresiones se deduce que al **augmentar el numero de estados significativos** de la señal **es posible augmentar la velocidad de transmisión sin augmentar la velocidad de modulación**.

**Velocidad de transmisión de datos:** se calcula con la cantidad de bits que llevan información.

$$VTD = \frac{nro.bits.inf}{tiempo.total} \text{ [bps]}$$

**Velocidad de transmisión de datos reales:** se calcula sobre la cantidad de bits que llevan información y llegan en buen estado (VTDR).

Se cumplen las siguientes condiciones:

## DEFINICIONES BASICAS

Eficiencia:  $E = \frac{VTDR}{VT} [\%]$

**Rendimiento = (Bits de Datos Transmitidos / Total de Bits Transmitidos) \* 100**

### Tasa de error

La tasa de error es diferente, dependiendo del tipo de transmisión (analógico ó digital).

Tasa de error (analógico):  $\frac{S(señal)}{N(ruido)} \left[ \frac{db}{w} \right]$

Tasa de error (digital): Bit Error Rate (BER) =  $\frac{cant.de.bits.erróneos}{cant.de.bits.transmitidos}$

por ende si aumenta la Vm, aumenta el ancho de banda.

Si aumenta el ancho de banda, también aumentará el BER.

BER línea telefónica es  $10^{-6}$ . 1 error cada 1.000.000 transmitidos

BER en una LAN es de  $10^{-8}$  a  $10^{-10}$

## ***DEFINICIONES BASICAS***

### ***TRANSMISIÓN MULTINIVEL***

Con una tasa de errores demasiado elevada obviamente se hará imposible la comunicación por esto se estudiaron técnicas para mejorar la cantidad de información que se puede transmitir en un ancho de banda dado.

Los dos procedimientos técnicos son las **transmisiones multinivel** y los **sistemas de compresión** de datos.

Las ventajas de las primeras son que su uso y aplicación están al alcance del usuario y las segundas van a depender del proveedor de los servicios de transmisión de datos.

### **Relación entre velocidad de modulación y velocidad de transmisión.**

Para no aumentar la tasa de errores entonces se debe aumentar la velocidad de transmisión sin aumentar la de modulación.

$$V_t = 1/T \log_2 n$$

Donde n es el numero de niveles de la señal.

# DEFINICIONES BASICAS

## TRANSMISIÓN MULTINIVEL

La transmisión multinivel es aquella que en la que el numero de niveles que puede tomar la señal es mayor que dos. En el caso en que el numero de niveles es dos, la transmisión se denomina binaria.

$$n = 2^i$$

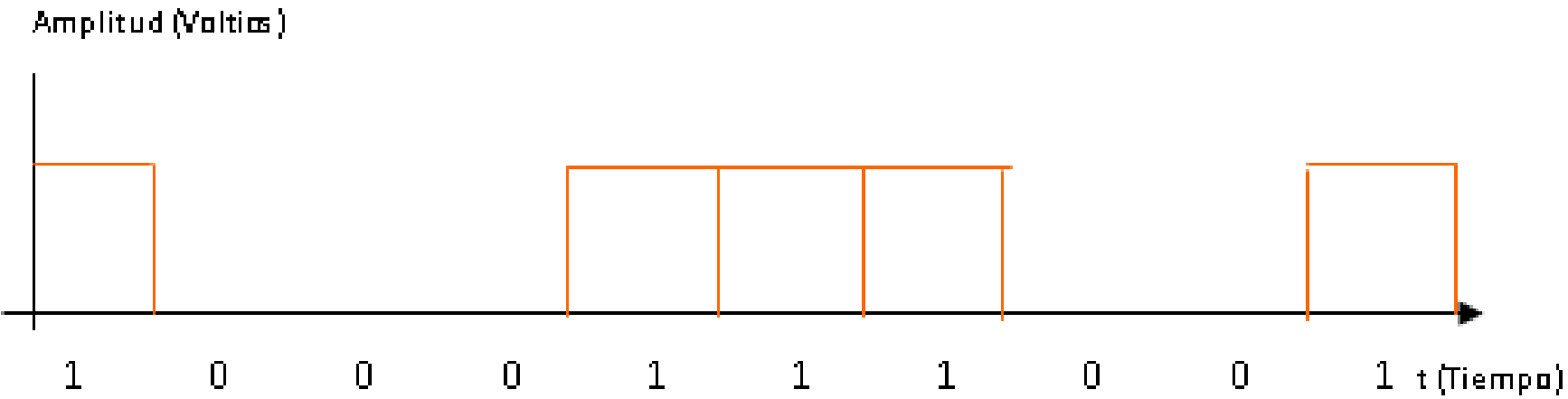
i: unidades de información (bits) que se pueden enviar mediante un solo cambio de nivel (baudio).

i = 1	n = 2	binaria	->	0 - 1
i = 2	n = 4	dibits	->	00 - 01 – 10 - 11
i = 3	n = 8	tribits	->	000.....,.,.,.111
i = 4	n = 16	cuadribits	->	0000.....1111

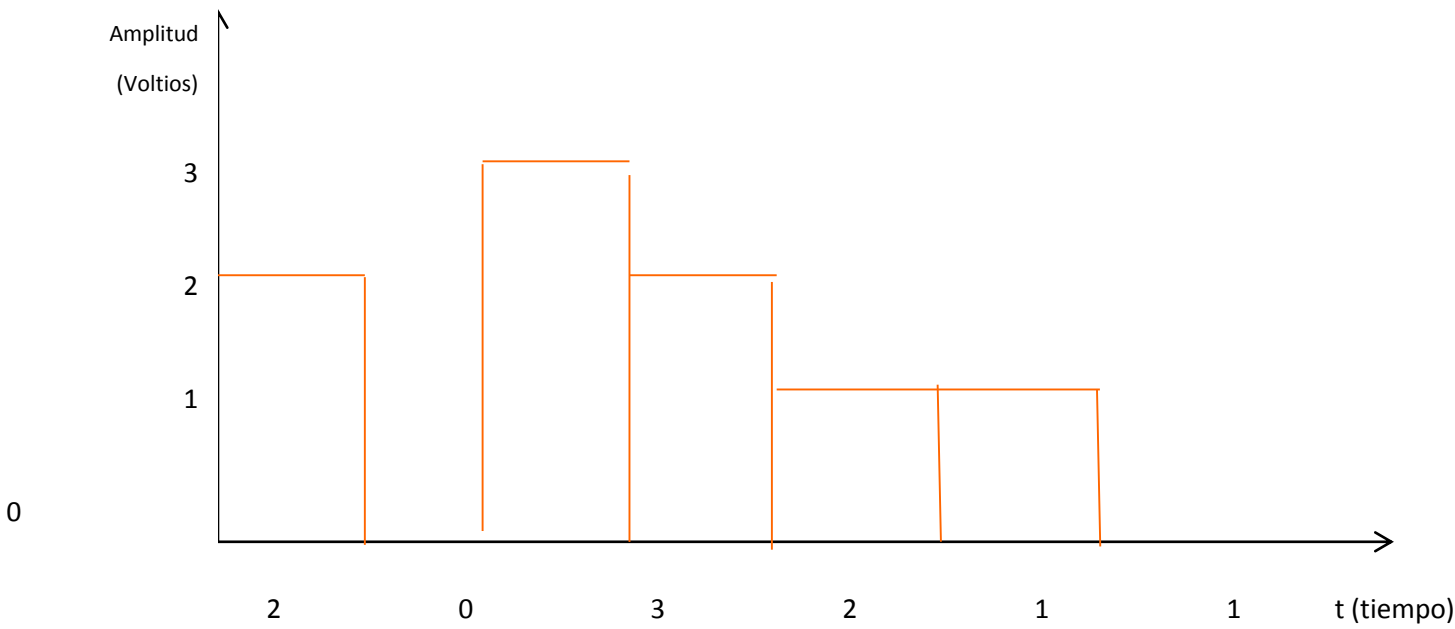
Si mantengo constante  $V_m \Rightarrow$  mantengo constante el BER.

DEFINICIONES BASICAS

Señal digital a transmitir



En la figura siguiente se puede ver que la velocidad de modulación no varia, pero se transmite el doble de información, por lo tanto, la velocidad de transmisión se duplica sin que la velocidad de modulación cambie.



Pares de bits a Transmitir	Nivel Asignado
00	0
01	1
10	2
11	3



# ***DEFINICIONES BASICAS***

## **Modos de transmisión**

Dentro de los modos de transmisión podemos encontrar **dos opciones: serie y paralelo**.

En el modo serie, el tren de bits es enviado en secuencia. Mientras que en el modo paralelo, se envía un número de bits a la vez.

**Los sistemas de telecomunicaciones trabajan en modo serie.**

Dentro del modo **serie, a su vez, encontramos otra división: transmisión asincrónica y transmisión sincrónica**.

# ***DEFINICIONES BASICAS***

## **La transmisión asincrónica**

### **Características**

Los equipos terminales que funcionan en modo asincrónico, se denominan también “terminales en modo carácter”.

La transmisión asincrónica también se la denomina arrítmica o de “start-stop”.

Usa velocidades de transmisión de hasta 1200 Baudios.

El rendimiento para 1 bit de arranque, 2 de parada, con 7 bits de código y 1 de paridad es del 64 %.

**La longitud de los bits de parada pueden ser:**

**En el Sistema Baudot, 1,42 bit.**

**Sistema Seudo-Baudot, es de 1,5 bit.**

**En el resto de los sistemas es de 1bit ó 2bits.**

Entre dos caracteres, puede mediar cualquier separación en tiempo.

# ***DEFINICIONES BASICAS***

## **La transmisión asincrónica**

### Ventajas y Desventajas del modo asincrónico

En caso de errores, se pierde siempre una cantidad pequeña de caracteres, pues éstos se sincronizan y se transmiten de uno en uno.

Bajo rendimiento de transmisión, dada la proporción de bits útiles y de bits de sincronismo, que hay que transmitir por cada carácter.

Es un procedimiento que permite el uso de equipamiento más económico y de tecnología menos sofisticada.

Se adecua más fácilmente en aplicaciones, donde el flujo transmitido es más irregular.

Son especialmente aptos, cuando no se necesitan lograr altas velocidades.

# ***DEFINICIONES BASICAS***

## **LA TRANSMISIÓN SINCRÓNICA**

### Características

Los bloques a ser transmitidos tiene un tamaño que oscila entre los 128 y 1024 Bytes.

La señal de sincronismo en el extremo fuente, puede ser generada por el equipo terminal de datos o por el equipo módem; sin embargo, cualquiera sea el que genere dicha señal, la misma será común para ambos equipos y en ambos extremos de la línea.

El rendimiento para bloques de 1024 Bytes, con no más de 10 Bytes de cabecera y terminación, supera el 99 %.

# ***DEFINICIONES BASICAS***

## **LA TRANSMISIÓN SINCRÓNICA**

Ventajas y Desventajas del modo sincrónico

Los equipamientos necesarios son de tecnología más compleja y de costos más altos.

En caso de errores de transmisión, la cantidad de Bytes a retransmitir puede ser importante. Esto hace meditar sobre la velocidad más conveniente a ser usada en el enlace.

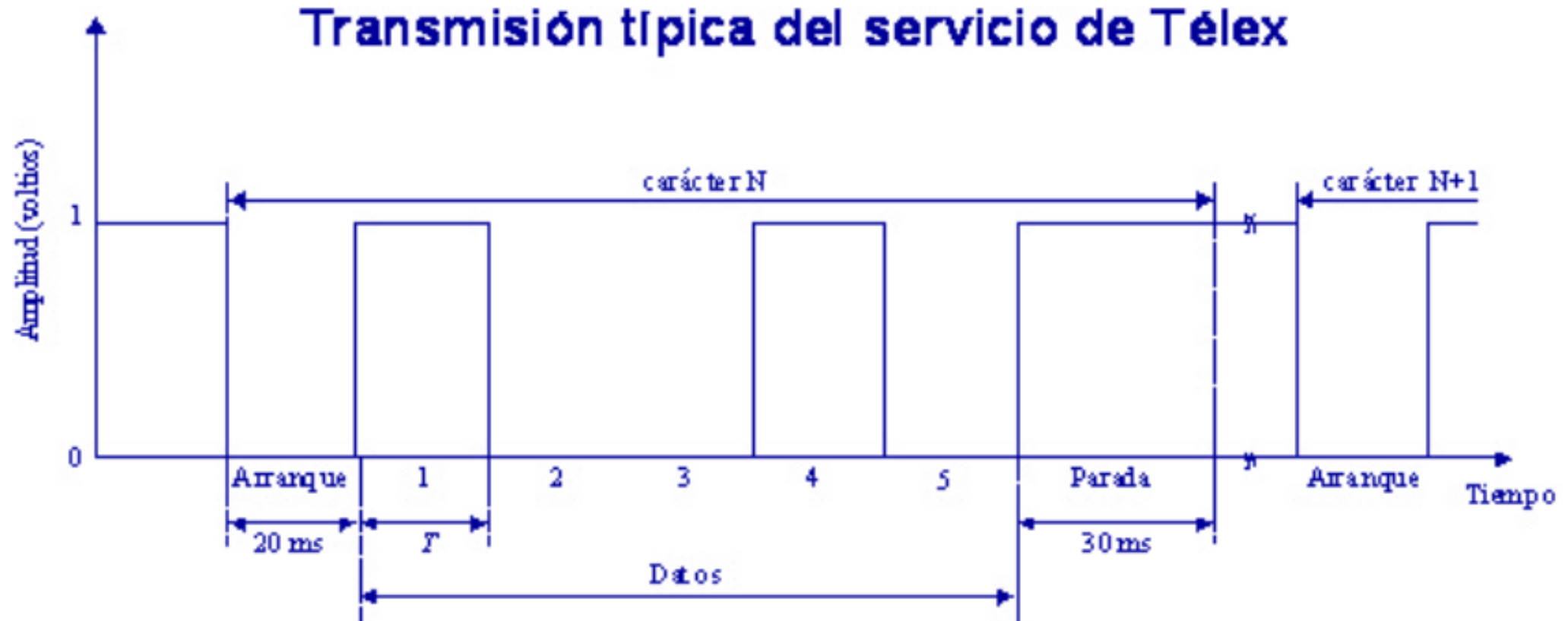
Posee un alto rendimiento en la transmisión.

Aptos para ser usados en transmisiones de altas velocidades (iguales o mayores a 1200 Baudios).

El flujo de datos es más regular.

## PARTE PRACTICA

Dada la siguiente señal con una Velocidad de Modulacion de **50 Baudios**.



Hallar el **ancho de pulso** y el **tiempo de transmisión de un carácter**.

## PARTE PRACTICA

Para encontrar el ancho de pulso y el tiempo de transmisión de un carácter, usaremos las siguientes fórmulas:

$T$  = Duración del pulso en segundos (ancho del pulso)

$$V_m = 1/T \quad [\text{baudios}]$$

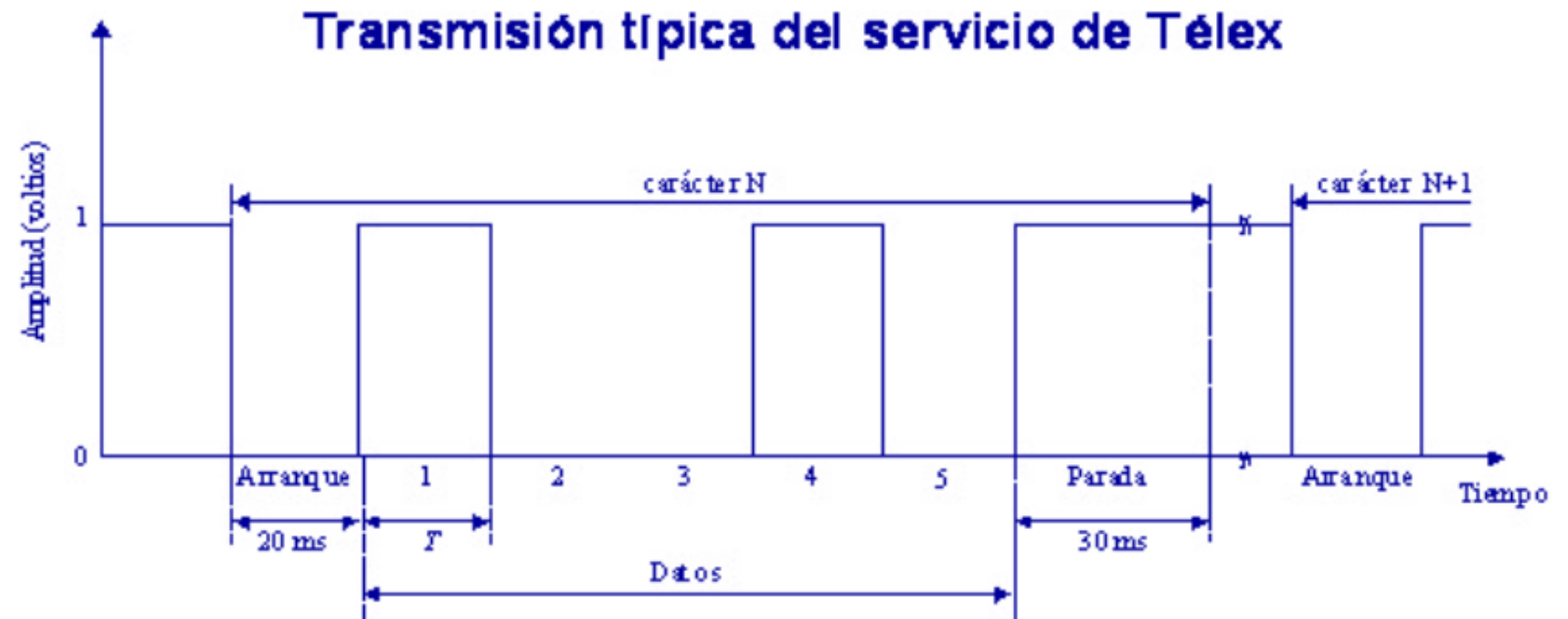
$$V_t = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{1}{T_i} * \log_2 n_i$$

$$V_m = 50 \text{ baudios}$$

$$\text{Como } m=1 \text{ y } n=2 \Rightarrow V_m = V_t$$

$$1 / T = 50 \text{ baudios}$$

$$T = 0,02 \text{ segundos}$$



$$\begin{aligned} \text{Transmisión de un carácter} &= T_{\text{arranque}} + T_{\text{datos}} + T_{\text{parada}} \\ &= 20 \text{ ms} + 5 * 20 \text{ ms} + 30 \text{ ms} \\ &= \mathbf{150 \text{ ms}} \end{aligned}$$

## PARTE PRACTICA

En base al ejercicio anterior, calcular la cantidad de caracteres que se transmiten durante dos minutos si se supone que los mismos se envían sin "tiempo muerto", o sea uno a continuación del otro.

Caracteres transmitidos en 0,15 seg = 1 caracter

Caracteres transmitidos en 120 seg = 120 seg / 0,15 seg = **800 caracteres**

Indicar bajo que condiciones la velocidad de modulación es igual a la velocidad de transmisión.

$$V_m = 1/T \text{ [baudios]}$$

$$V_t = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{1}{T_i} * \log_2 n_i$$

Donde :

m: Numero de canales

$T_i$ : Es la menor duración teórica de un elemento de señal, expresada en segundos, para el i-ésimo canal.

$n_i$ : es el numero de estados significativos de la modulación del i-ésimo canal



## ***PARTE PRACTICA***

Si transmitimos por un solo canal

$$m = 1$$

$$V_t = 1/T \log_2 n$$

y si tenemos sólo 2 estados niveles de modulación

$$V_t = 1/T \log_2 2$$

$$V_t = 1/T = V_m$$

## ***PARTE PRACTICA – TP Nro 2***

### ***EJERCICIO Nro 1***

Si se utiliza un MODEM que transmite a 1200 baudios cuanto tardaría en transmitir los 1000 caracteres.

$$V_m = 1/T \quad [\text{baudios}]$$

$$1200 = 1/T$$

$$T = 833,32 \text{ microseg}$$

$$1 \text{ bit} = 833,32 \text{ microseg}$$

$$1 \text{ Carácter} = 8 \text{ bits}$$

$$1000 \text{ Caracteres} = 8000 \text{ bits}$$

$$T_{TT1000C} = 8000 \text{ bits} \times 833,32 \text{ microseg}$$

$$T_{TT1000C} = 6,66 \text{ seg}$$

## ***PARTE PRACTICA – TP Nro 2***

### ***Primera parte***

Hallar el espectro de amplitud de la Serie Compleja de Fourier teniendo en cuenta que la FRP es de 4 pps (pulsos por segundo) y la velocidad de modulación es de 20 Baudios. Calcular el ancho de banda que debería tener el canal de comunicaciones.

$$\text{FRP} = 4\text{pps} \Rightarrow \text{FRP} = 1/T$$

$$T = 1/4 = 0.25\text{seg}$$

$$V_m = 1/d \Rightarrow d = 1/V_m = 1/20\text{seg} = 0,05\text{seg}$$

$$n = T/d = 0.25/0.05 = 5 \text{ (cinco armónicas)}$$

$$n \cdot w_o = 5 \cdot w_o$$

$$\text{Para } n \cdot f_o = 5 \cdot f_o$$

$$f_o = 1/T = 4\text{Hz}$$

$$n \cdot f_o = 20\text{hz}$$

$\Delta f = 20 \text{ Hz}$ ; ancho de banda necesario.

## PARTE PRACTICA – TP Nro 2

### EJERCICIO Nro 2

Para un canal que transmite en **modo serie**, calcular la velocidad de transmisión para el caso de utilizar **CUATRIBITS** y tener pulsos de ancho  **$T = 833.32$  [microsegundos]**.

Qué valor toma  $V_m$  y cuál es el AB de la señal?

$$T = 833,32 \text{ microseg}$$

$$V_m = 1/T \text{ [baudios]}$$

$$V_m = 1/833.32 \times 10^{-6} = 1200 \text{ baudios}$$

$$V_t = 1/T \log_2 n$$

$$V_t = 1200 \times \log_2 16 = 4800 \text{ bit/seg}$$

$$\Delta f = 1/d \text{ [Hz]}$$

$$\Delta f = 1/833.32 \times 10^{-6} = 1200 \text{ Hz}$$

## PARTE PRACTICA – TP Nro 2

### EJERCICIO Nro 3

Indicar bajo que condiciones la velocidad de modulación es igual a la velocidad de transmisión.

$$V_m = 1/T \text{ [baudios]}$$

$$V_t = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{1}{T_i} * \log_2 n_i$$

Donde :

m: Numero de canales

$T_i$ : Es la menor duración teórica de un elemento de señal, expresada en segundos, para el i-ésimo canal.

$n_i$ : es el numero de estados significativos de la modulación del i-ésimo canal

Si transmitimos por un solo canal  $m = 1$

$$V_t = 1/T \log_2 n$$

y si tenemos sólo 2 estados niveles de modulación

$$V_t = 1/T \log_2 2$$

$$V_t = 1/T = V_m$$

**PARTE PRACTICA – TP Nro 2**

**EJERCICIO Nro 4**

Calcular el tiempo total de transmisión de 1500 caracteres enviados uno a continuación de otro en un sistema de transmisión asincrónica de 75 Baudios. El código utilizado es el Seudo Baudot, los caracteres son ASCII de 8 bits con un bit de paridad.

$V_m = 1/T$  [baudios]

$75 = 1/T$   
 $T = 0,013333 \text{ seg}$

$1\text{bit} = 0,013333 \text{ seg}$

$TTT_{1500C} = 1500 \text{ caracteres} \times 11,5 \text{ bits/seg} \times 0,013333\text{seg}$   
 $TTT_{1500C} = 229,99 \text{ seg}$

Código Seudo Baudot		
Start	1	bit
Stop	1,5	bits
Paridad	1	bit
ASCII	8	bits
Total	11,5	bits

## ***PARTE PRACTICA – TP Nro 2***

### ***EJERCICIO Nro 5***

Para un sistema que transmite a 1200 Baudios se quiere aumentar la velocidad a 4800 bps. Indicar cómo se logra y cuál es el ancho de pulso resultante.

$$V_m = 1/T \quad [\text{baudios}]$$

$$1200 = 1/T$$

$$T = 833,3 \text{ microseg}$$

$$V_t = 1/T \log_2 n$$

$$V_t/V_m = \log_2 n$$

$$4800/1200 = \log_2 n$$

$$n = 16$$

Transmisión multinivel, se usa Cuadribits

## ***PARTE PRACTICA – TP Nro 2***

### ***EJERCICIO Nro 5 - Similar***

$V_m = 2400$  Baudios

$V_t = 7200$  bps

$$V_t = 1 / T \log_2 n, V_m = 1 / T \Rightarrow V_t = V_m \log_2 n$$

$$V_t / V_m = \log_2 n$$

$7200 \text{ bps} / 2400 \text{ baudios} = \log_2 n \Rightarrow n = 8$ , la forma de aumentar la velocidad es utilizando tribits

El ancho de pulsos no varía:  $T = 1 / V_m = 1 / 2400 \text{ baudios} \Rightarrow T = 416,66 \text{ microseg.}$



## **PARTE PRACTICA – TP Nro 2**

### **EJERCICIO Nro 6**

Calcular el rendimiento de una transmisión sincrónica cuando se envían bloques de datos de 1500 bytes y se utilizan 14 bytes de cabecera y 4 bytes de terminación.

$$\eta_{tx} = \frac{\text{cantidad} \cdot \text{bits} \cdot \text{de} \cdot \text{datos}}{\text{cantidad} \cdot \text{total} \cdot \text{de} \cdot \text{bits} \cdot \text{tx}} = \frac{1500}{14 + 1500 + 4} \times 100 = 98.8\%$$

## **PARTE PRACTICA – TP Nro 2**

### **EJERCICIO Nro 7**

Calcular el rendimiento de transmisión asincrónica que utiliza un código que tiene 1 bit de arranque, 1 de parada y 7 de datos. Efectuar el cálculo con y sin bit de paridad.

**Sin bit de paridad:**

$$\eta_{tx} = \frac{\text{cantidad} \cdot \text{bits} \cdot \text{de} \cdot \text{datos}}{\text{cantidad} \cdot \text{total} \cdot \text{de} \cdot \text{bits} \cdot \text{tx}} = \frac{7}{1 + 7 + 1} \times 100 = 77.7\%$$

**Con bit de paridad**

$$\eta_{tx} = \frac{\text{cantidad} \cdot \text{bits} \cdot \text{de} \cdot \text{datos}}{\text{cantidad} \cdot \text{total} \cdot \text{de} \cdot \text{bits} \cdot \text{tx}} = \frac{7}{1 + 1 + 7 + 1} \times 100 = 70\%$$

## **PARTE PRACTICA – TP Nro 2**

### **EJERCICIO Nro 8**

Dada una transmisión sincrónica de 1024 bytes , y si no consideramos la cabeza y la cola de dicha transmisión, determinar la disminución del rendimiento si se utiliza una transmisión asincrónica mediante un código que emplea 8 bits de datos, 1 de paridad, 2 de parada y 1 de arranque. Para ambos casos se emplea una velocidad de modulación de 2400 Baudios. Indicar también el tiempo total de transmisión en ambos casos.

#### **Rendimiento**

$$\eta_{tx} = \frac{1024}{1024} \times 100 = 100\% \quad (\text{sin cola ni cabecera})$$

$$\eta_{tx} = \frac{8}{1 + 8 + 1 + 2} \times 100 = 66.6\% \quad \text{Disminuye un 33.3 \%}$$

#### **Tiempo de transmisión:**

$$T^*1 = 1024 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits/byte} \times 1/2400 \text{ seg/bit} = 3.41 \text{ seg}$$

$$T^*2 = 1024 \text{ bytes} \times 12 \text{ bits/byte} \times 1/2400 \text{ seg/bit} = 5.12 \text{ seg} \Rightarrow \text{el tiempo aumenta un 66.6 \%}$$

## **PARTE PRACTICA – TP Nro 2**

### **EJERCICIO Nro 9**

Dado el siguiente mensaje 10000000000000000001 transmitido en forma sincrónica y a una velocidad de modulación de 2400 Baudios, se requiere utilizar una transmisión multinivel para pasar a 9600 bps. Graficar las señales resultantes con y sin transmisión multinivel, y calcular el tiempo total de transmisión en ambos casos.

$$V_m = 1/T \quad [\text{baudios}]$$

$$2400 = 1/T$$

$$T = 416,6 \text{ microseg}$$

$$V_t = 1/T \log_2 n$$

$$V_t/V_m = \log_2 n$$

$$9600/2400 = \log_2 n$$

$$n = 16$$

Transmisión multinivel, se usa Cuadribits

$$\text{Tiempo Tx sin multinivel} = \text{Nro de bits} \times \text{duración del bit} = 18 \times 416,6 \text{ microseg} = 7,5 \text{ mseg}$$

$$\text{Tiempo Tx con multinivel} = 7,5 \text{ mseg}/4 = 1,87 \text{ mseg}$$

## ***PARTE PRACTICA – TP Nro 2***

### ***EJERCICIO Nro 9 - Similar***

Dado el siguiente mensaje 001101101010011110111001 transmitido en forma sincrónica y a una velocidad de modulación de 1200 Baudios, se requiere utilizar una transmisión multinivel para pasar a 3600 bps. Graficar las señales resultantes con y sin transmisión multinivel, y calcular el tiempo total de transmisión en ambos casos.

$$V_m = 1200 \text{ baudios}$$

$$V_t = 3600 \text{ bps}$$

$$V_t = 1 / T \log_2 n, V_m = 1 / T \Rightarrow V_t = V_m \log_2 n$$

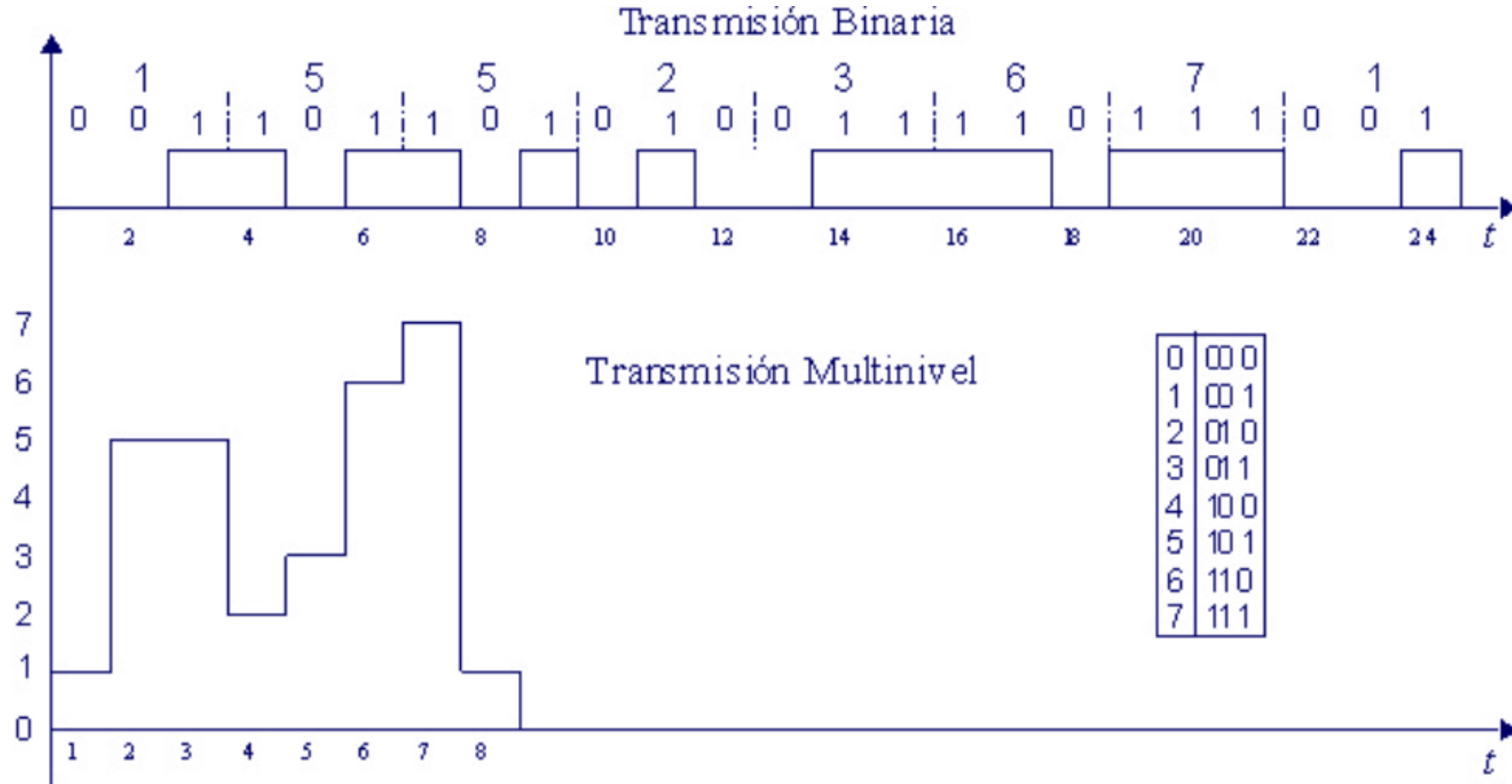
$$V_t / V_m = \log_2 n$$

$$3600 \text{ bps} / 1200 \text{ baudios} = \log_2 n \Rightarrow n = 8$$

$$T = 1 / V_m = 1 / 1200 \text{ baudios} \Rightarrow T = 833,3 \text{ microseg.}$$

## PARTE PRACTICA – TP Nro 2

### EJERCICIO Nro 9 - Similar



Tiempo con Transmisión multinivel = 8 .

T = 6, 67 ms.

Tiempo Sin transmisión multinivel = 24.

T = 20 ms.

**PARTE PRACTICA – TP Nro 2**

**EJERCICIO Nro 10**

Dado el problema anterior calcular la disminución en la velocidad de transmisión de datos si se emplea un procedimiento asincrónico que emplea 1bit de arranque 1 de parada y uno de paridad. Comparar en el caso de utilizar transmisión multinivel.

$$\eta_{tx} = \frac{18}{21} \times 100 = 85.7\%$$

Código Caracter		
Start	1	bit
Stop	1	bit
Paridad	1	bit
Datos	18	bits
Total	21	bits

Disminución: 100 – 85.7 = 14.3%

## **PARTE PRACTICA – TP Nro 2**

### **EJERCICIO Nro 11**

Calcular el tiempo total de transmisión de 1800 caracteres de datos enviados en un sistema de transmisión sincrónico de 3600 Baudios. El rendimiento de la transmisión es del 90%..

***1 carácter = 8bits.***

***1800 caracteres \* 8bits = 14.400 bits***

***V<sub>m</sub>=3600***

***Ancho de pulso = 1/3600 [ancho de pulso] = tiempo de transmisión para un bit.***

***Rendimiento = (Bits de Datos Transmitidos / Total de Bits Transmitidos) \* 100***

***0,9 = 14.400 /x***

***x = 14.400 / 0,9 = 16.000 bits en total transmitidos.***

***Entonces si demoro 1/3600 s en transmitir un bit, para transmitir 16.000 bis demoraría:***

***16.000 / 3.600 = 4,44 segundos es el tiempo total de transmisión para esos caracteres.***



# Transmisión de señales

## Unidades de medida usadas en las telecomunicaciones

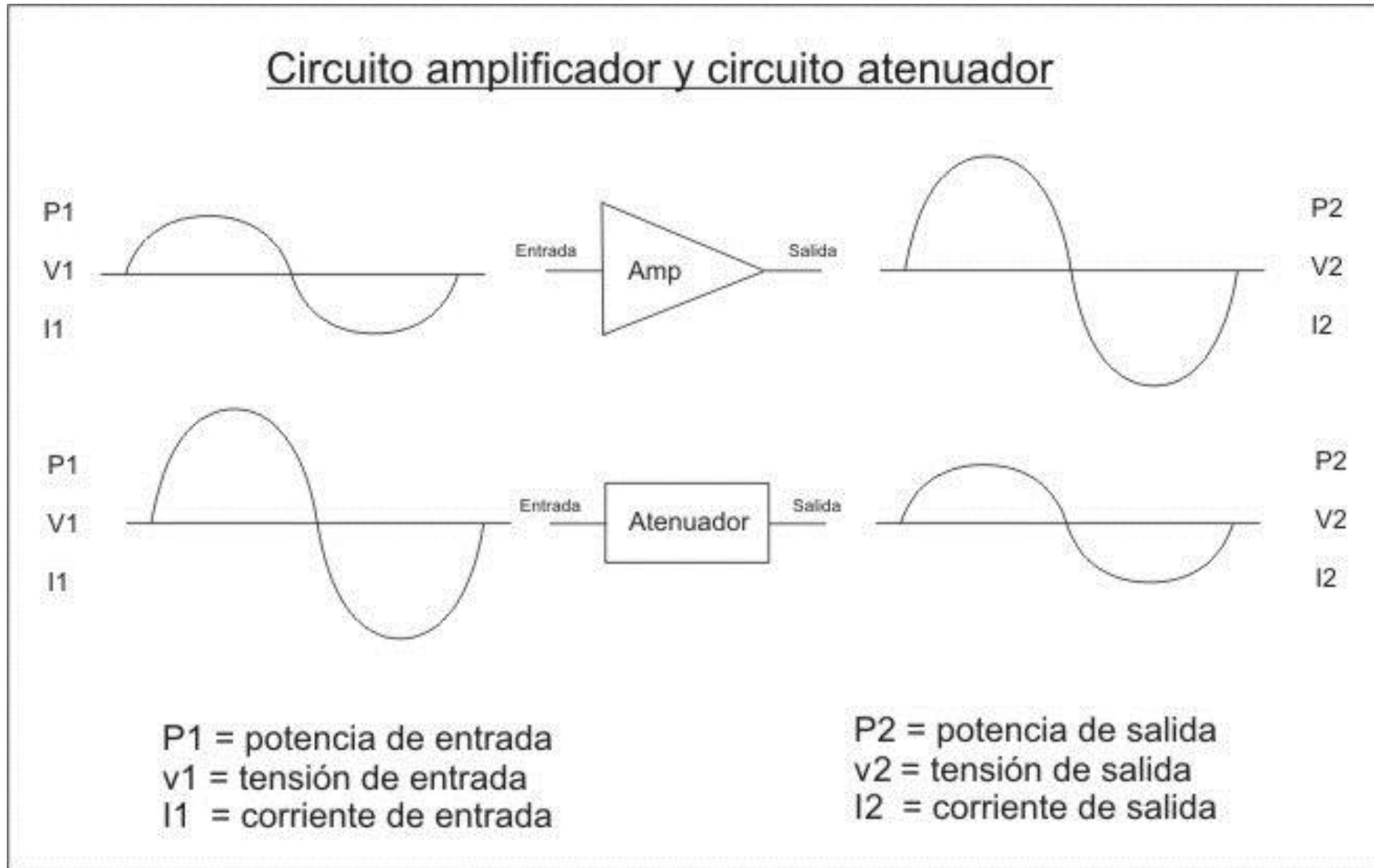
La transmisión de **señales** a través de medios de comunicaciones, como ya se explicó, sufren **atenuaciones o pérdidas** que en muchos casos **obligan a amplificarlas** a través de elementos pasivos o activos, para que **lleguen a los receptores con valores que permitan su interpretación y decodificación**.

**La potencia de la señal útil debe mantenerse en valores altos y adecuados en relación con el nivel del ruido y, al mismo tiempo, lo suficientemente bajos como para que la señal no sufra distorsiones que la tornen inutilizable.**

## Decibel

El decibel es una unidad de medida muy utilizada en el campo de las telecomunicaciones para indicar la **relación entre potencias, tensiones o corrientes**, en valores relativos. En realidad, **es un submúltiplo del bel**, que ha caído en desuso debido a que es una unidad muy grande. Es **una unidad relativa** que indica la relación de potencias, tensiones o corrientes entre dos valores conocidos. **Relativa** dado que no posee un valor patrón de comparación. Se define como una unidad logarítmica.

# Transmisión de señales



# Transmisión de señales

## Relación de PERDIDA en dB

En un circuito atenuador como el de la figura anterior, definiremos la pérdida de potencia, tensión y corriente mediante las siguientes relaciones:

$$\text{Relación de potencias P (dB)} = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

$$\text{Relación de tensiones P (dB)} = 20 \log \frac{V_1}{V_2}$$

$$\text{Relación de corrientes P (dB)} = 20 \log \frac{I_1}{I_2}$$

$P_1$  = potencia de entrada  
 $v_1$  = tensión de entrada  
 $I_1$  = corriente de entrada

$P_2$  = potencia de salida  
 $v_2$  = tensión de salida  
 $I_2$  = corriente de salida

# Transmisión de señales

## Relación de GANANCIA en dB

En un circuito amplificador como el de la figura anterior, definiremos la ganancia de potencia, tensión y corriente mediante las siguientes relaciones:

$$\text{Relación de potencias } G \text{ (dB)} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$\text{Relación de tensiones } G \text{ (dB)} = 20 \log \frac{V_2}{V_1}$$

$$\text{Relación de corrientes } G \text{ (dB)} = 20 \log \frac{I_2}{I_1}$$

$P_1$  = potencia de entrada  
 $V_1$  = tensión de entrada  
 $I_1$  = corriente de entrada

$P_2$  = potencia de salida  
 $V_2$  = tensión de salida  
 $I_2$  = corriente de salida

# Transmisión de señales

## El dBm y dBW

A diferencia del **dB**, que es una unidad de medida relativa, el **dBm** es una unidad de nivel absoluto, que mide la potencia (de salida o de entrada, según corresponda, para un circuito amplificador o atenuador) respecto de un valor fijo de 1 mW.

$$dBm = 10 \log \frac{P_s [mW]}{1 \text{ mW}}$$

Cuando la comparación se efectúa respecto de valores de potencia por debajo de 1 mW, el resultado será siempre negativo. En algunos casos, en los que se usan potencias mayores, se toma como valor fijo 1 W y en ese caso la unidad se denomina dBW.

# Transmisión de señales

## CALCULO DE ENLACES

Es una metodología que permite dimensionar un sistema de comunicaciones formado por tres elementos:

- transmisor
- medio
- receptor

Cada uno tiene características específicas que deben ser adaptadas a cada caso

## CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS

Trasmisor: - frecuencia de trabajo (**Hz**)

- potencia de salida (**W**)

Medio: - atenuación a la frecuencia de trabajo (**dB**)

Receptor: - frecuencia de trabajo (**Hz**)

- **sensibilidad: es el umbral por debajo del cual no se detecta la señal**

(se puede expresar en **V, W, dBm**)

# Transmisión de señales

## ECUACION DEL ENLACE

$$P - A > S$$

Es la condición para que el enlace sea posible.

Vale en unidades logarítmicas, donde:

P: potencia del transmisor

A: suma de las atenuaciones del medio

S: sensibilidad del receptor

Si la ecuación no se verifica, se debe:

- aumentar la potencia de transmisión
- cambiar el receptor por otro más sensible
- cambiar el medio por otro con menor atenuación
- agregar elementos que compensen las pérdidas

En un enlace a la potencia de salida se le suman las ganancias de antenas y se le restan las pérdidas para calcular la potencia recibida

# Transmisión de señales

## Formula General de Cálculo de Enlace

$$P_{tx}(dBm) - P_{tot}(dB) + G(dB) = S_{rx}(dBm)$$

## Equivalencias

$$dBm \pm dBm = dB$$

$$dBm \pm dB = dBm$$

## Sensibilidad del Receptor

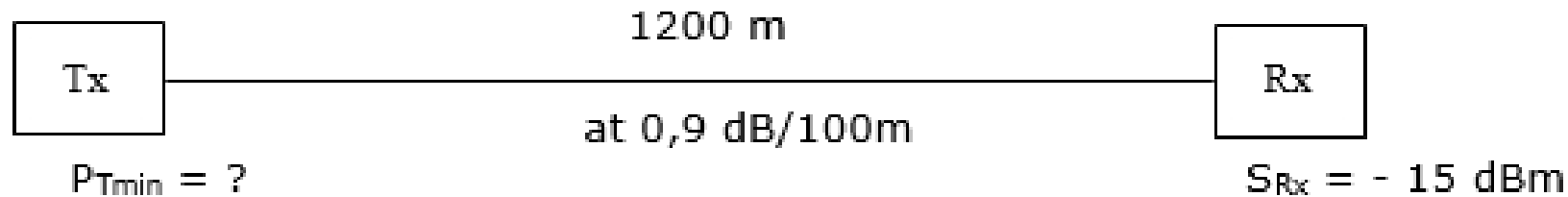
Muestra el mínimo valor de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bit



# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 1

Dado un canal de transmisión de datos coaxil con una atenuación a la frecuencia de operación de 0,9 dB/100 metros y donde la sensibilidad del receptor es -15 dBm . Calcular la potencia mínima que deberá tener el transmisor si la longitud del coaxil es de 1200 metros



$$P_{tx}(\text{dBm}) - P_{tot}(\text{dB}) + G(\text{dB}) = S_{rx}(\text{dBm})$$

$$P_{tot}(\text{dB}) = \text{Suma de todas las Atenuaciones} + FD$$

$$P_{tx}(\text{dBm}) = S_{rx}(\text{dBm}) + P_{tot}(\text{dB}) - G(\text{dB})$$

$$\text{Atenuación Coaxil} = 1200m * \frac{0,9\text{dB}}{100m}$$

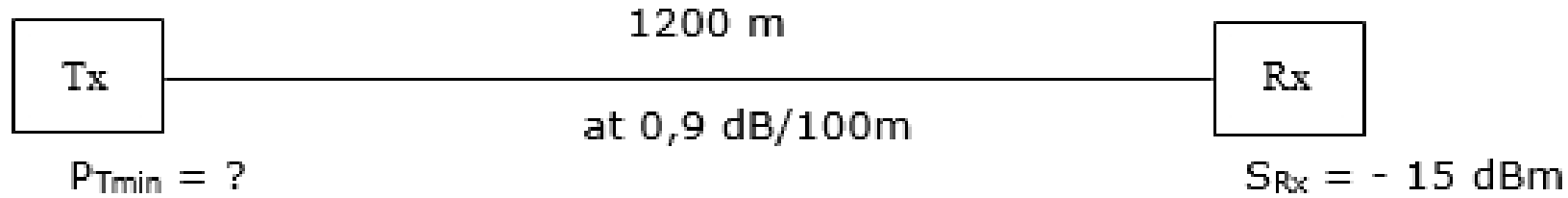
$$P_{tx}(\text{dBm}) = -15\text{dBm} + 10,8\text{dB}$$

$$\text{Atenuación Coaxil} = 10,8\text{dB}$$

$$P_{tx} = -4,2\text{dbm}$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 1



**Paso los dBm a mW del Tx**

$$dBm = 10 * \log \frac{P_i}{1mW}$$

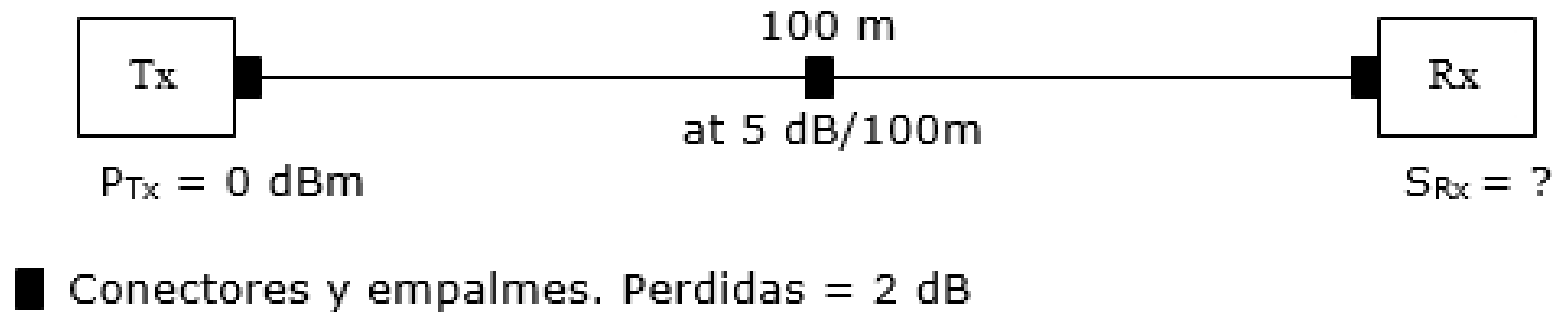
$$-4,2dBm = 10 * \log \frac{PTx}{1mW}$$

$$PT \text{ min} = 0,380189 \text{ mW}$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 2

Calcular la potencia de salida de una línea de transmisión de 100 metros donde la atenuación del cable coaxil es de 5 dB/100m y la potencia del transmisor que excita a la línea es de 0 dBm, se pierde en conectores y empalmes 2dB.



$$P_{tx}(dBm) - P_{tot}(dB) + G(dB) = S_{rx}(dBm)$$

$$S_{rx}(dBm) = 0dBm - 2dB - 5dB$$

$$S_{rx} = -7dBm$$

$$P_{tot}(dB) = \text{Suma de todas las Atenuaciones} + FD$$

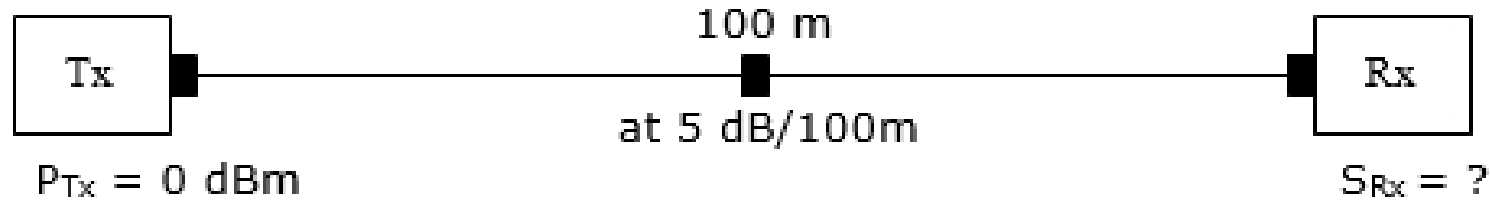
$$\text{Atenuación Coaxil} = 100m * \frac{5 dB}{100m}$$

$$\text{Atenuación Coaxil} = 5 dB$$

$$P_{tot}(dB) = 5 dB + 2 dB$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 2



■ Conectores y empalmes. Perdidas = 2 dB

### Paso los dBm a mW del Rx

$$dBm = 10 * \log \frac{P_i}{1mW}$$

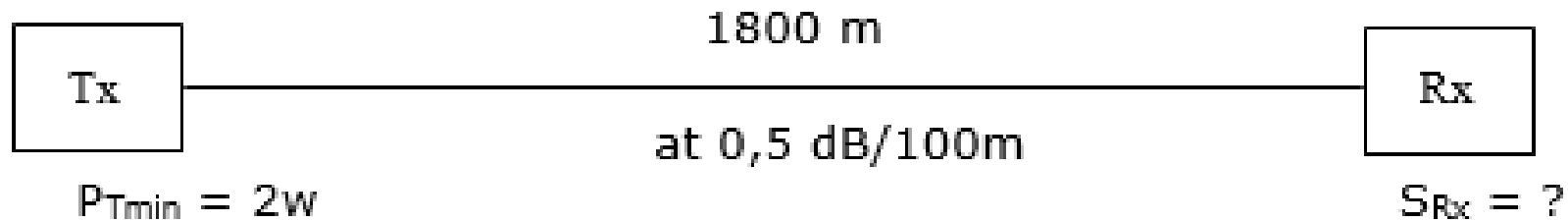
$$-7dBm = 10 * \log \frac{P_{Rx}}{1mW}$$

$$P_{Rx} = 0,199526 \text{ mW}$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 3

Que sensibilidad mínima (expresada en mW) deberá tener un receptor para un enlace a través de una línea de transmisión de 1800 metros, donde la atenuación del cable coaxil empleado es de 0,5 db/100m. La potencia del transmisor que excita la línea es de 2 watts..



$$P(dB) = 10 * \log \frac{P1}{P2}$$

$$9dB = 10 * \log \frac{2W}{P2}$$

$$P2 = 0,25178508W$$

$$P2 = 251,78508mW$$

$$P_{tot}(dB) = \text{Suma de todas las Atenuaciones} + FD$$

$$\text{Atenuación Coaxil} = 1800m * \frac{0,5 dB}{100m}$$

$$\text{Atenuación Coaxil} = 9 dB$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 4

Para el siguiente enlace:

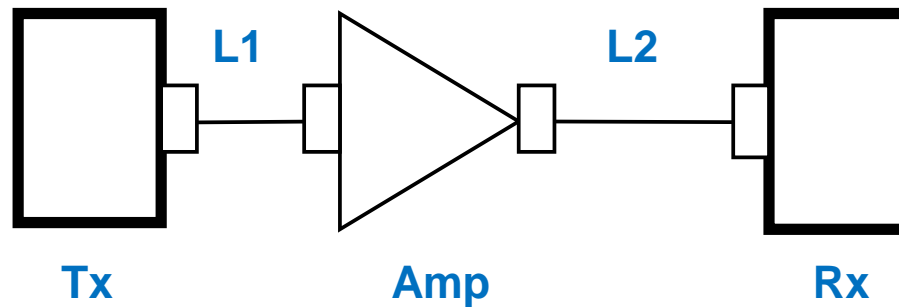
a) Calcular la ganancia y la sensibilidad del amplificador necesario para que el enlace funcione correctamente.

$$P_{Tx} = -3 \text{ dBm}, S_{Rx} = 1 \text{ mW}$$

$$L1 = 500\text{m}, L2 = 1000\text{m}$$

□ Conector  $A_t = 0.25 \text{ dB c/u}$

$$A_t \text{ F.O.} = 1.0 \text{ dB/1000m}$$



Obtener: GA (Ganancia del Amp) y SA (Sensibilidad del Amp)

b) Si se consiguen amplificadores de 3, 6 y 9dB, ¿Cuál elegiría?, ¿Qué consecuencias trae para el circuito la elección que acaba de realizar?

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 4

### Usando el Circuito L1

$$\text{Perdidas} = 0,25\text{dB} * 2 + 500\text{m} * 1\text{dB}/1000\text{m}$$

$$\text{Perdidas} = 0,5\text{dB} + 0,5\text{dB} = 1\text{dB}$$

$$\text{PTx} - \text{Perdidas} + \text{Ganancias} = \text{SRx}$$

$$-3\text{dBm} - 1\text{dB} + 0\text{ dB} = \text{SRx}$$

$$\text{SRx} = -4\text{dBm}$$

$$\text{dBm} = 10 \log P_i / 1\text{mW}$$

$$-4 = 10 \log P_2 / 1\text{mW}$$

$$\text{P2} = 0,3981\text{ mW}$$

### Usando todo el Circuito

$$\text{Perdidas} = 0,25\text{dB} * 4 + 1500\text{m} * 1\text{dB}/1000\text{m}$$

$$\text{Perdidas} = 1\text{dB} + 1,5\text{dB} = 2,5\text{dB}$$

$$\text{PTx} - \text{Perdidas} + \text{Ganancias} = \text{SRx}$$

$$\text{Ganancias} = \text{SRx} - \text{PTx} + \text{Perdidas}$$

$$\text{Ganancias} = -(-3\text{ dBm}) + 2,5\text{dB}$$

$$\text{Ganancias} = 5,5\text{ dB}$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 5

Dado un enlace de fibra óptica entre un emisor y un receptor con los siguientes parámetros:

Atenuación de la FO = 3 dB/km

Atenuación del conector = 0,6 db

Potencia de transmisión = 3 dbm

Sensibilidad del receptor = - 10 dBm

Calcular la distancia máxima entre receptor y transmisor suponiendo un factor de diseño FD = 10 dB (margen de diseño), empleándose un conector en el transmisor y otro en el receptor.

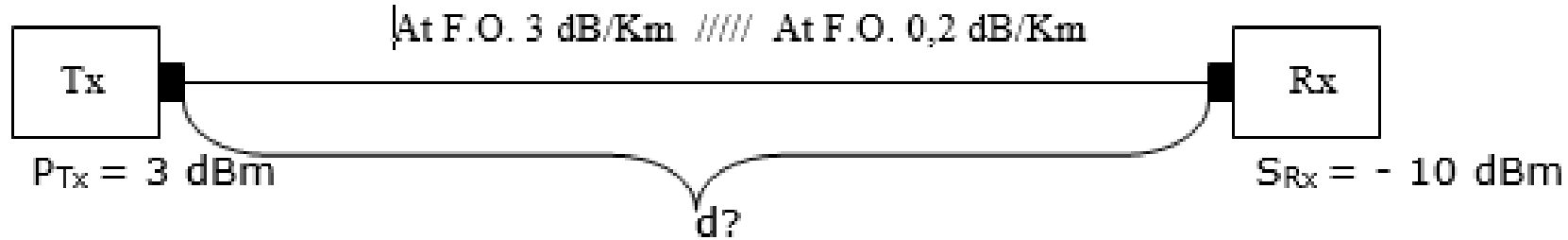
Repetir el cálculo para una FO cuya atenuación es de 0,2 dB/km.

.



# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 5



$$P_{tx}(dBm) - P_{tot}(dB) + G(dB) = S_{rx}(dBm)$$

$$3dBm - (1,2dB + 10dB + d * \frac{3dB}{1000m}) = -10dBm$$

$$d = 600m$$

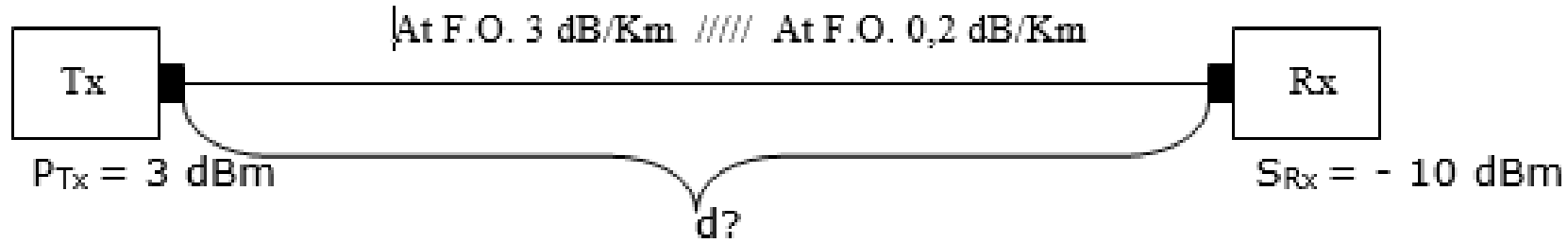
$$P_{tot}(dB) = \text{Suma de todas las Atenuaciones} + FD$$

$$\text{Atenuación F.O.} = d * \frac{3 \text{ dB}}{1000m}$$

$$P_{tot}(dB) = 1,2 \text{ dB} + 10 \text{ dB} + d * \frac{3 \text{ dB}}{1000m}$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 5



■ Conectores. Perdidas =  $2 \times 0,6 \text{ dB} = 1,2 \text{ dB}$   
F.D. =  $10 \text{ dB}$

$$P_{tx}(\text{dBm}) - P_{tot}(\text{dB}) + G(\text{dB}) = S_{rx}(\text{dBm})$$

$$3\text{dBm} - (1,2\text{dB} + 10\text{dB} + d * \frac{0,2\text{dB}}{1000\text{m}}) = -10\text{dBm}$$

$$d = 9000\text{m}$$

$$P_{tot}(\text{dB}) = \text{Suma de todas las Atenuaciones} + FD$$

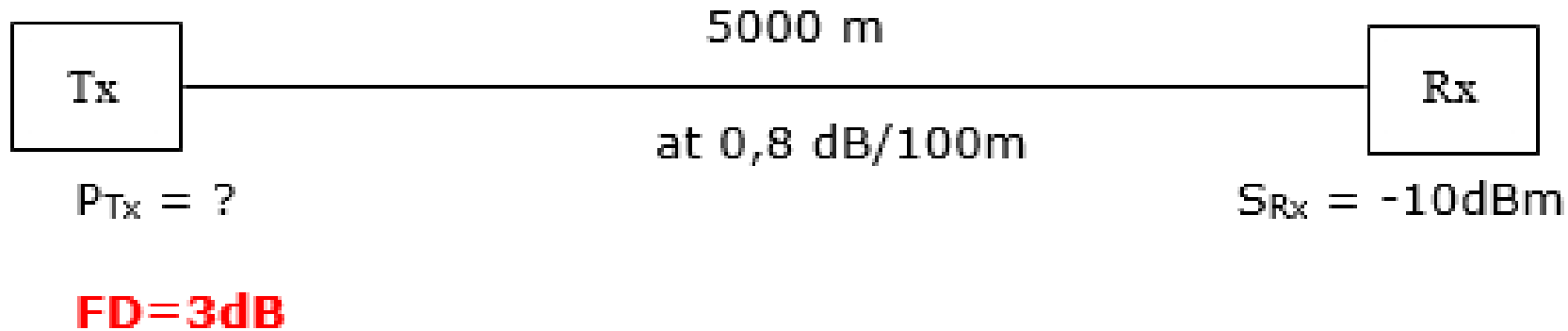
$$\text{Atenuación F.O.} = d * \frac{0,2 \text{ dB}}{1000\text{m}}$$

$$P_{tot}(\text{dB}) = 1,2 \text{ dB} + 10 \text{ dB} + d * \frac{0,2 \text{ dB}}{1000\text{m}}$$

# Trabajo Practico Nro. 3

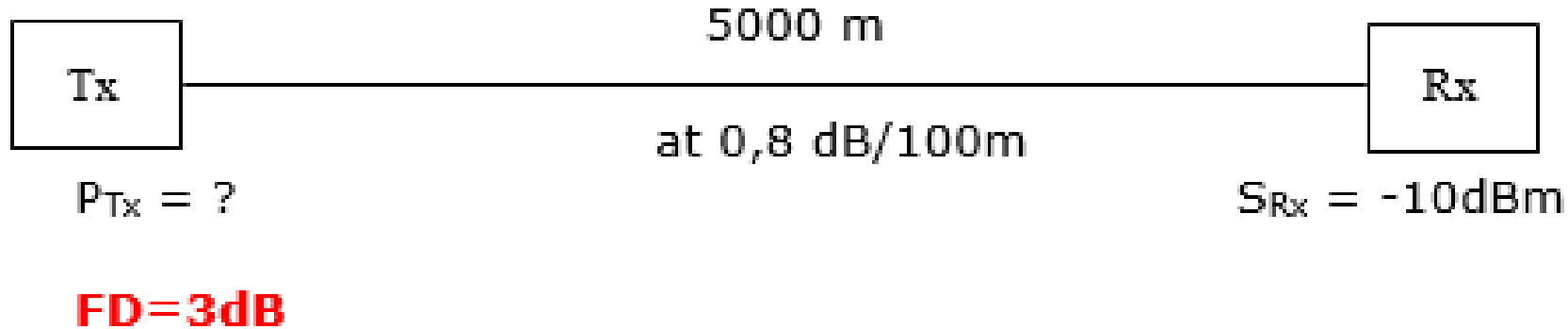
## Ejercicio Nro. 6

Dos dispositivos de transmisión de datos se encuentran vinculados por un enlace de comunicaciones construido por cable coaxil de atenuación igual a 0,8 dB/100 m. La distancia que separa a estos equipos es de 5000 metros. Calcular la potencia mínima que debe aplicarse en el extremo transmisor, si la sensibilidad del dispositivo receptor es de  $-10$  dbm, considerando un FD de 3 dB.



# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 6



$$P_{tx}(\text{dBm}) - P_{tot}(\text{dB}) + G(\text{dB}) = S_{rx}(\text{dBm})$$

$$P_{tx}(\text{dBm}) = S_{rx}(\text{dBm}) + P_{tot}(\text{dB}) - G(\text{dB})$$

$$P_{tx}(\text{dBm}) = -10\text{dBm} + 43\text{dB} - 0\text{dB}$$

$$P_{tx} = 33\text{dBm}$$

$$P_{tot}(\text{dB}) = \text{Suma de todas las Atenuaciones} + FD$$

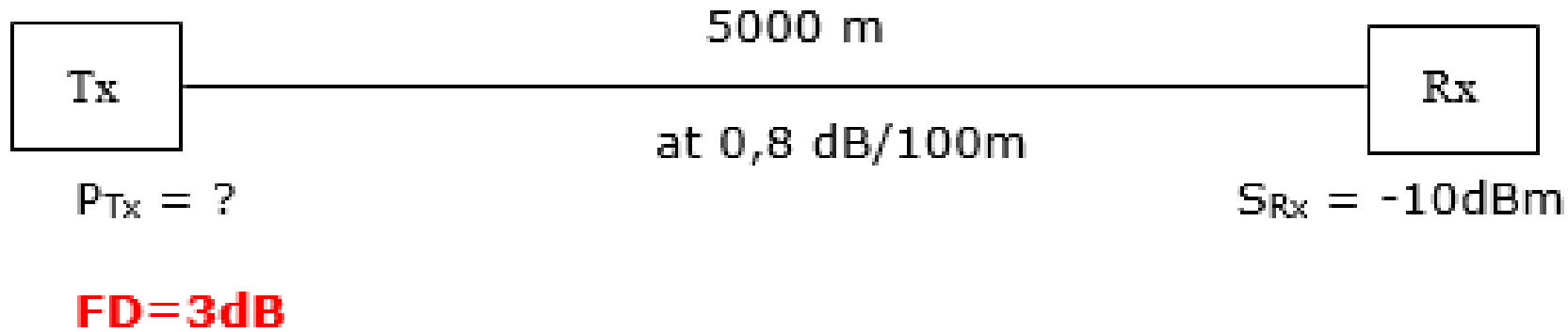
$$\text{Atenuación Coaxil} = 5000\text{m} * \frac{0,8\text{ dB}}{100\text{m}}$$

$$\text{Atenuación Coaxil} = 40\text{ dB}$$

$$P_{tot}(\text{dB}) = 40\text{ dB} + 3\text{ dB} = 43\text{ dB}$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 6



Paso los dBm a mW del Tx

$$dBm = 10 * \log \frac{P_i}{1mW}$$

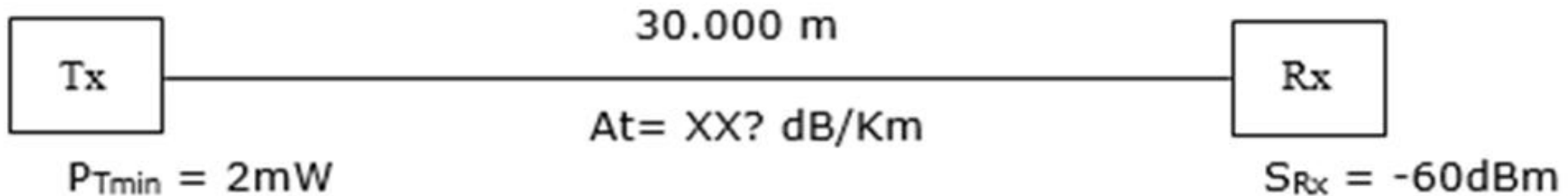
$$33dBm = 10 * \log \frac{P_{Tx}}{1mW}$$

$$P_{Tx} = 1995,2623mW$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 7

Se requiere montar un enlace de fibra óptica uniendo dos equipos separados 30000 metros uno de otro. La potencia del transmisor es de 2 mW y la sensibilidad del receptor es de  $-60$  dBm. Cuál será la especificación de atenuación máxima a requerir de la fibra que se debe emplear, expresada en dB/Km.



# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 7

### Paso mW del Tx a dBm

#### mW Tx

$$dBm = 10 * \log \frac{P_i}{1mW}$$

$$dBm = 10 * \log \frac{PT \text{ min}}{1mW}$$

$$P_{tx}(dBm) = 10 \log \frac{2mW}{1mW}$$

$$P_{tx}(dBm) = 3,010299dBm$$

### Completo la Formula General

$$P_{tx}(dBm) - P_{tot}(dB) + G(dB) = S_{rx}(dBm)$$

$$3dBm - (30.000m * \frac{XXdB}{1.000m}) = -60dBm$$

$$XX = 2,1dB / Km$$

# Trabajo Practico Nro. 3

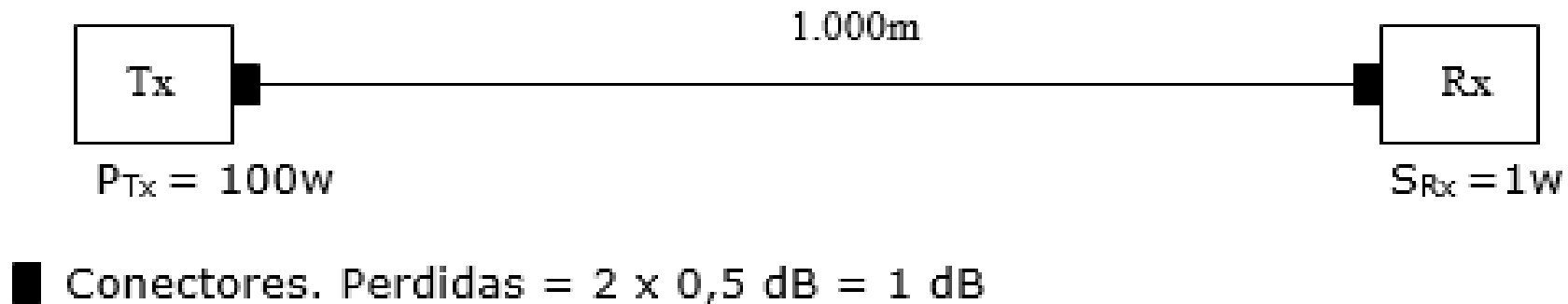
## Ejercicio Nro. 8

Si se tiene un enlace de 1000 m entre un transmisor que entrega una potencia de 100w y un receptor con una sensibilidad de 1w y se pretende utilizar las siguientes líneas de transmisión, indicar cuándo se deberá utilizar amplificadores. Considerar en ambos casos dos conectores de 0,5 dB c/u.

a.) Usando coaxil fino RG 58 con  $A_t = 5 \text{ dB}/100 \text{ m}$

b.) Usando coaxil grueso RG 218 con  $A_t = 0,8 \text{ dB}/100 \text{ m}$ .

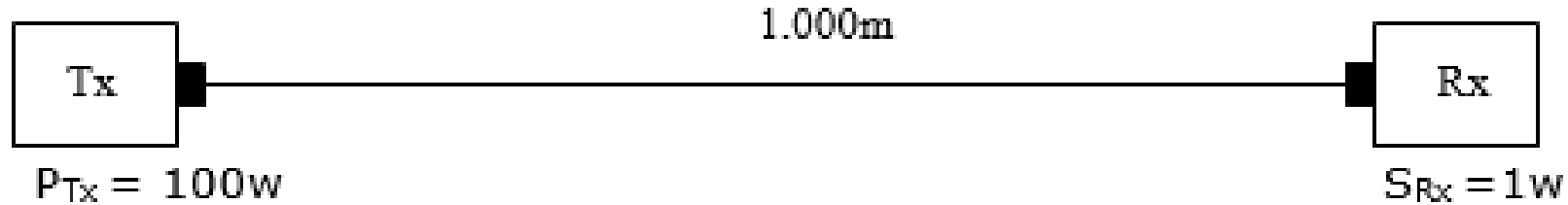
En caso necesario calcular la ganancia del amplificador correspondiente. Calcular el FD cuando lo hubiere.





# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 8



■ Conectores. Perdidas =  $2 \times 0,5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$

$$P(dB) = 10 * \log \frac{P1}{P2}$$

$$P(dB) = 10 * \log \frac{100w}{1w}$$

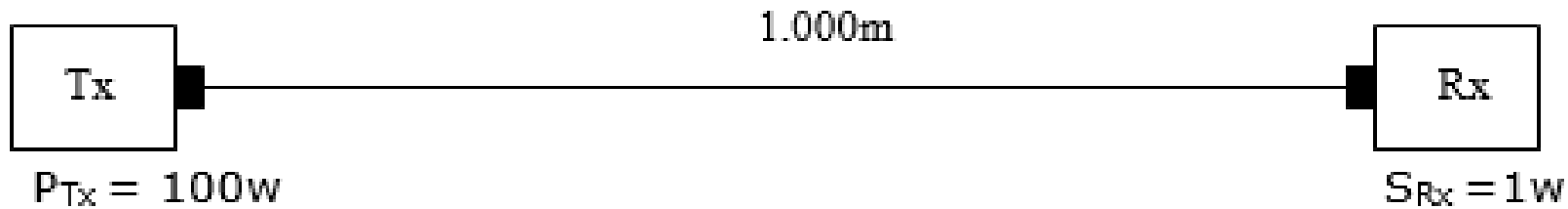
$$P(dB) = 20dB$$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 8

a.) Usando coaxil fino RG 58 con  $A_t = 5 \text{ dB}/100 \text{ m}$

En caso necesario calcular la ganancia del amplificador correspondiente. Calcular el FD cuando lo hubiere.



■ Conectores. Perdidas =  $2 \times 0,5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$

$$P(dB) = 20dB$$

$$\text{Atenuación} = 1.000m * \frac{5dB}{100m}$$

$$\text{Atenuación} = 50dB$$

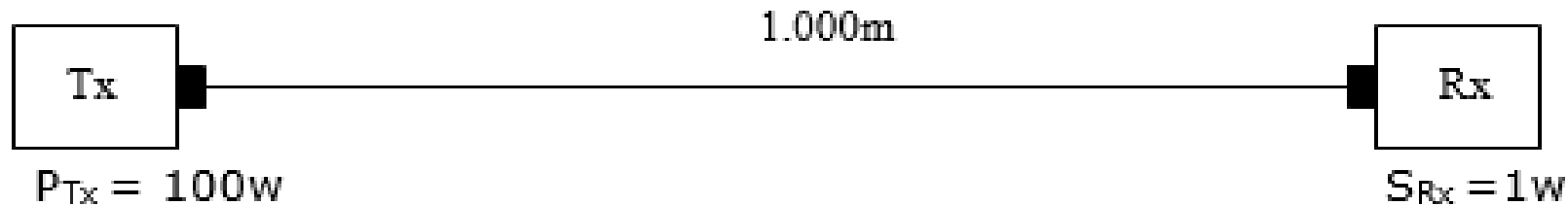
Se deberá utilizar un **amplificador** que compense:  $G(\text{Amp}) = 50 \text{ dB} + 1dB - 20 \text{ dB} = \mathbf{31 \text{ dB}}$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 8

b.) Usando coaxil grueso RG 218 con  $A_t = 0,8 \text{ dB}/100 \text{ m}$ .

En caso necesario calcular la ganancia del amplificador correspondiente. Calcular el FD cuando lo hubiere.



■ Conectores. Perdidas =  $2 \times 0,5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$

$$P(\text{dB}) = 20\text{dB}$$

$$\text{Atenuación} = 1.000\text{m} * \frac{0,8\text{dB}}{100\text{m}}$$

$$\text{Atenuación} = 8\text{dB}$$

**No es necesario emplear amplificadores:** Potencia remanente =  $20 \text{ dB} - (8 \text{ dB} + 1\text{dB}) = 11 \text{ dB}$

# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 9

Para el siguiente enlace calcular la Potencia del transmisor para que el enlace funcione correctamente. La potencia a la salida del amplificador es de 1mW. ¿Cuál es la atenuación del medio?

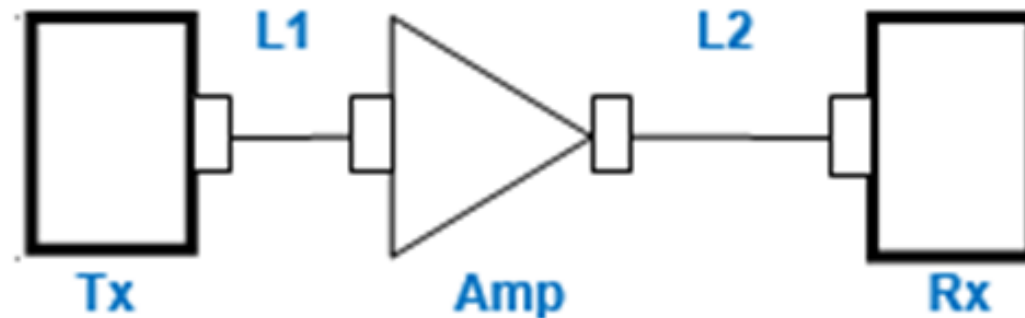
$P_{Tx} = ?$  dBm ,  $S_{Rx} = 0.5$  mW

$L1 = 1000$ m,  $L2 = 500$ m

Conector  $A_t = 0.75$  dB c/u

$A_t$  F.O. = ?

$G_A$  (Ganancia del Amp) = 5 dB.



# Trabajo Practico Nro. 3

## Ejercicio Nro. 9

Conseguimos la At FO del circuito L2

Formula Perdida (dB)

$$P(\text{dB}) = 10 \log P1/P2$$

$$P(\text{dB}) = 10 \log 1\text{mW}/0,5 \text{ mW}$$

$$P(\text{dB}) = 3,0102 \text{ dB aprox } 3 \text{ dB}$$

$$\text{Pérdidas} = \text{At FO} * d + \text{At Co} * 2$$

$$3 \text{ dB} = \text{At FO} * 500 \text{ m} + 0,75 \text{ dB} * 2$$

$$\text{At FO} = (3 \text{ dB} - 1,5 \text{ dB})/500\text{m}$$

$$\text{At FO} = 0,003 \text{ dB/m} = 3\text{dB}/1000 \text{ m}$$

$$\text{SRx} = 0,5 \text{ mW lo paso a dBm}$$

$$\text{dBm} = 10 \log P_i / 1\text{mW}$$

$$\text{SRx} = 10 \log 0,5 \text{ mW} / 1\text{mW}$$

$$\text{SRx} = -3 \text{ dBm aprox}$$

Usando todo el Circuito

$$\text{PTx} - \text{Perdidas} + \text{Ganancias} = \text{Srx}$$

$$\text{PTx} - (3\text{dB}/1000\text{m} * 1500\text{m} + 4 * 0,75 \text{ dB}) + 5\text{dB} = -3\text{dBm}$$

$$\text{PTx} = -0,5 \text{ dBm}$$

Paso este valor a mW

$$\text{dBm} = 10 \log P_i / 1\text{mW}$$

$$-0,5 = 10 \log P_1 / 1\text{mW}$$

$$P_1 = 0,891250 \text{ mW}$$

# Transmisión banda base y tasa de información

## CLASIFICACION DE SEÑALES DE BANDA BASE

### Según el ancho de pulso

- Señales NRZ (no retorno a cero): los bits están representados por pulsos que ocupan la totalidad del intervalo significativo (ancho de pulso).

Es unipolar porque:

- el 1 toma siempre la misma polaridad (positiva o negativa)
  - el 0 no tiene polaridad.
- 
- Señales RZ (retorno a cero): los bits se representan por pulsos que ocupan una parte (la mitad) del intervalo significativo.

# Transmisión banda base y tasa de información

## CLASIFICACION DE SEÑALES DE BANDA BASE

### Según la polaridad

Unipolares: la señal tiene dos niveles, uno y cero.

Hay dos combinaciones:

0 y + : unipolar positiva

0 y - : unipolar negativa

Polar: la señal tiene dos niveles de diferente polaridad (+ y -).

Los dígitos binarios 1 y 0 se representan por un valor positivo de tensión  $V_1$  y otro negativo  $-V_1$ . La señal en la línea nunca toma el valor cero.

Bipolar: la señal tiene tres niveles de amplitud ( +, 0 y - ).

Un determinado dígito va tomando valores alternados de polaridad, y el otro dígito adopta siempre el valor cero.

# Transmisión banda base y tasa de información

## CODIGOS USADOS PARA LAS SEÑALES BANDA BASE

Los códigos más usuales son señalados en:

- \*  $\Rightarrow$  Unipolar sin retorno a cero (NRZ).
- \*  $\Rightarrow$  Unipolar con retorno a cero (RZ).
- \*  $\Rightarrow$  Polar sin retorno a cero (NRZ).
- \*  $\Rightarrow$  Polar con retorno a cero (RZ).
- \*  $\Rightarrow$  Bipolar con retorno a cero (RZ).
- \*  $\Rightarrow$  Bipolar sin retorno a cero (NRZ). **o código AMI**
- $\Rightarrow$  Codificación diferencial.
- \*  $\Rightarrow$  Manchester.
- \*  $\Rightarrow$  Manchester Diferencial.
- $\Rightarrow$  MILLER.
- \*  $\Rightarrow$  HDB - 3.
- $\Rightarrow$  Código 4B3T (4 binario - 3 ternario).



# Transmisión banda base y tasa de información

## TEORIA DE LA INFORMACION

Estudia cuatro aspectos:

- Cómo se mide la información.
- Cuál es la capacidad de un canal de comunicaciones para transferir información.
- Cómo aumentar la capacidad mediante la codificación de la información.
- Cómo utilizar los canales a plena capacidad con una tasa de error mínima.

**Mensaje** es un conjunto de datos que proviene de una fuente de información.

**Información** es un conjunto de datos que permiten aclarar algo sobre aquello que se desconoce.

La llegada de una información se puede producir, por ejemplo, como consecuencia de la recepción de un mensaje.

Un hecho que se sabe con seguridad que va a ocurrir no contiene información alguna.

Un suceso contendrá mayor cantidad de información cuanto menor sea la probabilidad de que se produzca.

# Transmisión banda base y tasa de información

## TEORIA DE LA INFORMACION

Unidades de Medición de la Información:

La medida de información esta relacionada con la posibilidad de que la fuente pueda elegir entre varios mensajes. Luego, al poder la fuente seleccionar entre varios mensajes el que será transmitido, es evidente que el usuario receptor tendrá incertidumbre respecto al mensaje que podrá recibir.

Podemos razonablemente suponer que cada mensaje podrá tener asociada una probabilidad de ocurrencia, de forma tal que cuanto mayor sea dicha probabilidad de que ese mensaje sea cierto, menor será la información que contiene para el usuario.

$$P(x) = 1/N$$

La información es inversamente proporcional a la probabilidad de ocurrencia  $P(x)$

# Transmisión banda base y tasa de información

## TEORIA DE LA INFORMACION

Las unidades son:

**[SHANNON]:**  $I(x) = \log_2 ( 1/P(x) )$

[HARTLEY]:  $I(x) = \log_{10} ( 1/P(x) )$

[NAT]:  $I(x) = \log_e ( 1/P(x) )$

Las equivalencias son:

$$1 \text{ HARTLEY} = 3,32 \text{ SHANNON}$$

$$1 \text{ NAT} = 1,44 \text{ SHANNON}$$

$$1 \text{ HARTLEY} = 2,30 \text{ NAT}$$

# Transmisión banda base y tasa de información

## TEORIA DE LA INFORMACION

Fuentes Equiprobables: Una fuente es equiprobable cuando la posibilidad de generar un '0' es igual a la probabilidad de generar un '1'.

Fuentes de Memoria Nula: Toda fuente que emite símbolos que no guardan relación estadística, son independientes.

Distintas Variables que se manejan en la 'Teoría de la Información':

$H(x)$  = **Entropía**: Promedio de Información que envía una fuente que emite símbolos. Es también conocida como la "Incertidumbre Media". Mide la incertidumbre media de los símbolos (**Shannon/Símbolo**)

$T(x)$  = **Tasa de información**: se mide en **Shannon/seg.**

$C(x)$  = **Capacidad de canal**: se mide en **bits/ seg.**

# Transmisión banda base y tasa de información

## TEORIA DE LA INFORMACION

Formula de Entropía para símbolos NO equiprobables

$$H = - \sum_{K=1}^n \log_2 P(x_K) \cdot P(x_K) \text{ [Shannon/ símbolo]}$$

Formula de Entropía para N símbolos equiprobables

$$H = \log_2 N$$

# Transmisión banda base y tasa de información

## TEORIA DE LA INFORMACION

### TASA DE INFORMACION:

Cantidad de información que genera la fuente por unidad de tiempo

Es el cociente entre la entropía de la fuente y la duración media de los símbolos que esta envía.  $T = H(x)/\tau$

$[T] = [\text{bps}]$  (si la fuente es digital de símbolos equiprobables)

$[T] = [\text{Shannon/seg}]$

$$T = H(x)/\tau \quad [\text{Shannon/ símbolo}] / [\text{seg/símbolo}]$$

$$T = [\text{Shannon/seg}]$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 1

Calcular la cantidad de información asociada a una **palabra de cuatro caracteres** proveniente de una fuente **equiprobable** de símbolos. Considerar un **alfabeto de 32 símbolos**.

**Alfabeto = 32 símbolos (caracteres) = N // Palabra = 4 caracteres**

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/32$$

$$I(x) = \log_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 ( 1 / ( 1 / 32 ) ) = 5 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{Palabra}) = 4 * 5 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{Palabra}) = 20 \text{ SHANNON}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 2

Dado un tren de pulsos correspondientes a la siguiente secuencia: 0**1**0**1**0**1**00000**1**, calcular la información suministrada con la aparición de un uno o de un cero y la ENTROPÍA de la fuente.

Como es un tren de pulsos, se refiere a la cantidad de caracteres de la secuencia y el alfabeto es  $12 = N$

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(0) = 8/12 = 2/3$$

$$P(1) = 4/12 = 1/3$$

$$I(x) = \log_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(0) = \log_2 ( 1 / ( 2 / 3 ) ) = 0,585 \text{ SHANNON}$$

$$I(1) = \log_2 ( 1 / ( 1 / 3 ) ) = 1,585 \text{ SHANNON}$$

$$H = - \sum_{K=1}^n \log_2 P(x_K) \cdot P(x_K) \text{ [Shannon/ símbolo]}$$

$$H = -[(\log_2 2/3) * 2/3 + (\log_2 1/3) * 1/3]$$

$$H = -[(- 0,585) * 2/3 + (-1,585) * 1/3]$$

$$H = -[-0,39 - 0,53]$$

$$H = 0,92 \text{ Shannon/Símbolo}$$

Uso Calculadora

Res =  $\log_{\text{base}} \text{arg}$

Res =  $\log \text{arg} / \log \text{base}$



# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 3

Dados 3 mensajes con la siguiente probabilidad de ocurrencia:

$$p1 = 20 \% \quad p2 = 50 \% \quad p3 = 30 \%$$

Calcular la cantidad de información suministrada por cada uno de ellos. Calcular la información promedio por mensaje de esta fuente.

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(p1) = 1/5$$

$$P(p2) = 1/2$$

$$P(p3) = 3/10$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(p1) = \log_2 (1/(1/5))$$

$$I(p1) = \log_2 (5)$$

$$I(p1) = 2,322 \text{ Shannon}$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(p2) = \log_2 (1/(1/2))$$

$$I(p2) = \log_2 (2)$$

$$I(p2) = 1 \text{ Shannon}$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(p3) = \log_2 (1/(3/10))$$

$$I(p3) = \log_2 (10/3)$$

$$I(p3) = 1,737 \text{ Shannon}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 3

$$H = - \sum_{K=1}^n \log_2 P(x_K) \cdot P(x_K) \text{ [Shannon/ símbolo]}$$

$$H = -[(\log_2 1/5) * 1/5 + (\log_2 1/2) * 1/2 + (\log_2 3/10) * 3/10]$$

$$H = -[(-2,322) * 1/5 + (-1) * 1/2 + (-1,737) * 3/10]$$

$$H = -[-0,4644 - 0,5 - 0,5211]$$

$$H = 1,4855 \text{ Shannon/Símbolo}$$

Uso Calculadora

Res =  $\log_{\text{base}} \text{arg}$

Res =  $\log \text{arg} / \log \text{base}$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 4

Se tiene un **alfabeto de 128** símbolos diferentes y **equiprobables**. Se desea transmitir un mensaje. Calcular:

- La probabilidad de ocurrencia de un símbolo
- La cantidad de información obtenida con la recepción de dicho símbolo
- La cantidad de **información** de una **palabra formada por 6 símbolos**
- La **ENTROPÍA** de la fuente.

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/128$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 (1/(1/128))$$

$$I(x) = \log_2 (128)$$

$$I(x) = 7 \text{ Shannon}$$

$$I(\text{Palabra}) = 6 * 7 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{Palabra}) = 42 \text{ SHANNON}$$

$$H = - \sum_{K=1}^n \log_2 P(x_K) \cdot P(x_K) \text{ [Shannon/ símbolo]}$$

$$H = -\{[(\log_2 1/128) * 1/128] * 128$$

$$H = -\{[(- 7) * 1/128]\} * 128$$

$$H = -\{[-0,546875]\} * 128$$

$$H = 7 \text{ Shannon/Símbolo}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 5

Suponiendo una fuente con los símbolos **A B C E L** donde cada uno tiene asociado la siguiente probabilidad:

$$A = 1/4 \quad B = 1/4 \quad C = 1/8 \quad E = 1/4 \quad L = 1/8$$

Calcular la información suministrada con el mensaje: CABLE

$$I(A) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(A) = \log_2 (1/(1/4))$$

$$I(A) = \log_2 (4)$$

$$I(A) = 2 \text{ Shannon}$$

$$I(C) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(C) = \log_2 (1/(1/8))$$

$$I(C) = \log_2 (8)$$

$$I(C) = 3 \text{ Shannon}$$

$$I(\text{CABLE}) = I(C) + I(A) + I(B) + I(L) + I(E)$$

$$I(\text{CABLE}) = 3 + 2 + 2 + 3 + 2$$

$$I(\text{CABLE}) = 12 \text{ Shannon}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 6

Calcular la información asociada a la caída de una moneda y determinar la información en el caso de que ocurran 5 caras seguidas. Repetir la experiencia para la caída de un dado y la repetición del número 4.

**Alfabeto = 2 símbolos // Moneda = 5 caras    Alfabeto = 6 símbolos // Dado = 5 veces Nro. 4**

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/2$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 ( 1 / (1 / 2) ) = 1 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{Moneda}) = 5 * 1 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{Moneda}) = 5 \text{ SHANNON}$$

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/6$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 ( 1 / (1 / 6) ) = 2,585 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{Dado}) = 5 * 2,585 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{Dado}) = 12,925 \text{ SHANNON}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 7

Suponiendo una imagen de **600 líneas horizontales y 300 puntos** discretos por línea donde cada punto tiene **8** niveles **equiprobables** de brillo y un vocabulario de **100.000** palabras **equiprobables**. Demostrar el proverbio que dice que una imagen vale más que 1000 palabras.

### IMAGEN

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/8$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 (1/(1/8))$$

$$I(x) = \log_2 (8)$$

$$I(x) = 3 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{Imagen}) = 600 * 300 * 3 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{Imagen}) = 540.000 \text{ SHANNON}$$

### PALABRAS

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/100.000$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 (1/(1/100.000))$$

$$I(x) = \log_2 (100.000)$$

$$I(x) = 16,609 \text{ SHANNON}$$

$$I(1000 \text{ Palabras}) = 1000 * 16,609 \text{ SHANNON}$$

$$I(1000 \text{ Palabras}) = 16.609 \text{ SHANNON}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 8

Se transmite una imagen en modo gráfico de 640 x 480 pix, si cada punto tiene 256 niveles equiprobables de brillo. Calcular la información de la imagen y el tiempo total de transmisión si se utiliza un canal que permite enviar información a razón de 33.600 Shannon/seg. Comparar con una transmisión en modo texto que utiliza 25 líneas x 80 columnas utilizando un código ASCII de 8 bits. Ambas imágenes se transmiten sin comprimir. No tener en cuenta el overhead.

### IMAGEN

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/256$$

$$I(x) = \log_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 (1/(1/256))$$

$$I(x) = \log_2 (256)$$

$$I(x) = 8 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{imagen}) = 640 * 480 * (8 \text{ Shannon})$$

$$I(\text{imagen}) = 2.457.600 \text{ Shannon}$$

$$TTT\text{Imagen} = \frac{2.457.600 \text{ Shannon}}{33.600 \text{ Shannon/Segundos}}$$

$$TTT\text{Imagen} = 73,143 \text{ Segundos}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 8

### TEXTO

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/256$$

$$I(x) = \log_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 (1/(1/256))$$

$$I(x) = \log_2 (256)$$

$$I(x) = 8 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{texto}) = 25 * 80 * (8 \text{ Shannon})$$

$$I(\text{texto}) = 16.000 \text{ Shannon}$$

$$TTT\text{Imagen} = \frac{16.000 \text{ Shannon}}{33.600 \text{ Shannon/Segundos}}$$

$$TTT\text{Imagen} = 0,476 \text{ Segundos}$$



# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 9

Calcular la tasa de información T [bits/seg], de una fuente telegráfica, sabiendo que:

$$P(\text{punto}) = 2/3$$

$$P(\text{raya}) = 1/3$$

$$T(\text{punto}) = 0,2 \text{ seg}$$

$$T(\text{raya}) = 0,4 \text{ seg}$$

$$I(\text{punto}) = \log_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(\text{punto}) = \log_2 ( 1/(2/3) )$$

$$I(\text{punto}) = \log_2 ( 3/2 )$$

$$I(\text{punto}) = 0,585 \text{ Shannon}$$

$$I(\text{raya}) = \log_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(\text{raya}) = \log_2 ( 1/(1/3) )$$

$$I(\text{raya}) = \log_2 ( 3 )$$

$$I(\text{raya}) = 1,585 \text{ Shannon}$$

$$T = H(x)/\tau \text{ [Shannon/ símbolo] / [seg/símbolo]}$$

$$T = [\text{Shannon/seg}]$$

$$H = - \sum_{K=1}^n \log_2 P(x_K) \cdot P(x_K) \text{ [Shannon/ símbolo]}$$

$$H = -[(\log_2 2/3) \cdot 2/3 + (\log_2 1/3) \cdot 1/3]$$

$$H = -[(-0,585) \cdot 2/3 + (-1,585) \cdot 1/3]$$

$$H = -[-0,39 - 0,53]$$

$$H = 0,92 \text{ Shannon/Símbolo}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 9

$$T = H(x)/\tau \text{ [Shannon/ símbolo] / [seg/símbolo]}$$

$$T = \text{[Shannon/seg]}$$

$$\tau = 2/3 * 0,2 \text{ seg} + 1/3 * 0,4 \text{ seg}$$

$$\tau = 0,133 \text{ seg} + 0,133 \text{ seg}$$

$$\tau = 0,266 \text{ seg/símbolo}$$

$$T = 0,92 \text{ Shannon/Símbolo} / 0,266 \text{ seg/símbolo}$$

$$T = 3,459 \text{ [Shannon/seg]}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 10

Una imagen de TV tiene **625 líneas con 500 puntos** por línea. Cada punto tiene 128 niveles **equiprobables** de brillo. Si se transmiten **20 imágenes por segundo**. Calcular la tasa de información y la capacidad del canal.

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/128$$

$$I(x) = \log_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(p1) = \log_2 (1/(1/128))$$

$$I(p1) = \log_2 (128)$$

$$I(p1) = 7 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{imagen}) = 625 * 500 * 7 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{imagen}) = 2.187.500 \text{ SHANNON}$$

$$T_x = 20 \text{ imagenes / segundo}$$

$$T = 20 \text{ imágenes / segundo} * 2.187.500 \text{ Sh/imagen}$$

$$T = 43.750.000 \text{ SHANNON/segundo}$$

# Trabajo Practico Nro. 4

## Ejercicio Nro. 11

Calcular la cantidad de palabras que son necesarias pronunciar para transmitir la misma cantidad de información que contiene una imagen que posee 400 líneas horizontales y 500 puntos por línea. A cada punto se le asocia 128 niveles discretos equiprobables de brillo. Para describir dicha imagen supondremos un vocabulario de 10.000 palabras equiprobables.

### IMAGEN

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/128$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 (1/(1/128))$$

$$I(x) = \log_2 (128) = 7 \text{ SHANNON}$$

$$I(\text{imagen}) = 400 * 500 * (7 \text{ Shannon})$$

$$I(\text{imagen}) = 1.400.000 \text{ Shannon}$$

### PALABRAS

$$P(x) = 1 / N$$

$$P(x) = 1/10.000$$

$$I(x) = \text{Log}_2 ( 1/P(x) ) \text{ [SHANNON]}$$

$$I(x) = \log_2 (1/(1/10.000))$$

$$I(x) = \log_2 (10.000)$$

$$I(x) = 13,288 \text{ SHANNON}$$

$$\text{Cantidad Palabras} = \frac{1.400.000 \text{ SHANNON}}{13,288 \text{ SHANNON}}$$

$$\text{Cantidad Palabras} = 105.358$$

# Capacidad de los canales. Relación con la tasa de información

## TEORIA DE MUESTREO O DE NYQUIST

Estudia la cantidad de información que es posible enviar a través de un canal de comunicaciones sin ruido (canal ideal) y de ancho de banda finito de valor  $\Delta f$

Cuando se utilizan **señales binarias** es:

$$V_{tmax} = 2 \Delta f \text{ [bps]}$$

donde  $\Delta f$  = ancho de banda de la señal

Cuando se utilizan **señales multinivel** es:

$$V_{t^Mmax} = 2 \Delta f \log_2 n \text{ [bps]}$$

donde  $n$  = número de niveles de la señal

$$V_{t^Mmax} = V_{tmax} \log_2 n \text{ [bps]}$$

De estas expresiones surge el concepto de **capacidad de un canal**

$$C = V_{tmax} \text{ [bps]}$$

# Capacidad de los canales. Relación con la tasa de información

## **RUIDO: Características de aditividad**

$$\text{Relación} \frac{\textit{Señal}}{\textit{Ruido}} = \frac{S}{N} = \frac{\textit{PotenciaSeñal}}{\textit{PotenciaRuido}}$$

Cuantifica la medida en que la señal útil supera el ruido

## **Relación señal Ruido**

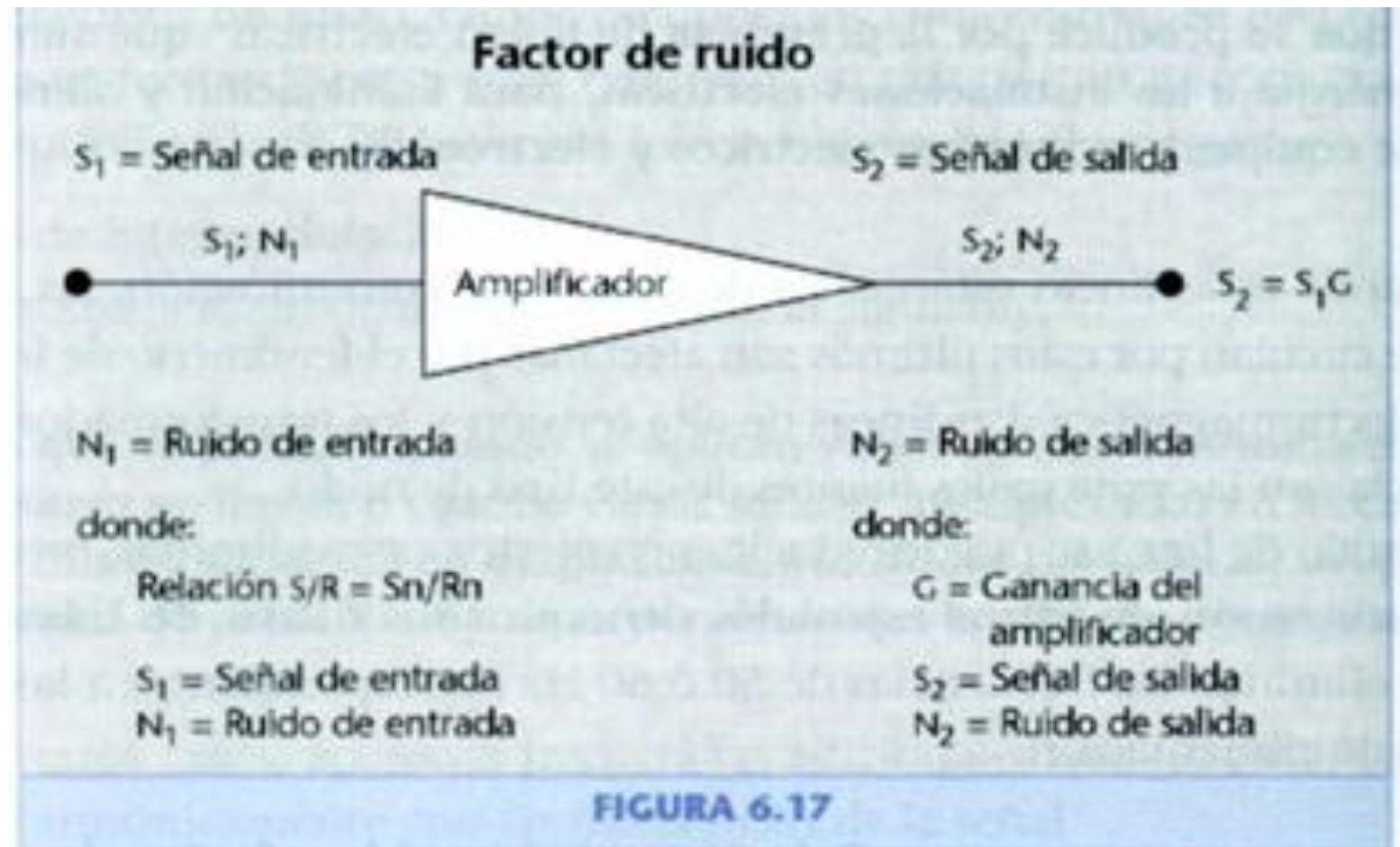
$$\text{Relación} \frac{S}{N} \text{ [dB]} = 10 \log \frac{S}{N}$$

# Capacidad de los canales. Relación con la tasa de información

## FACTOR DE RUIDO

Canales de comunicación y dispositivos eléctricos conocidos como Amplificadores están caracterizados por un parámetro denominado Factor Ruido.

$$F = \frac{\text{Relación S/N entrada}}{\text{Relación S/N salida}}$$



# Capacidad de los canales. Relación con la tasa de información

## FACTOR DE RUIDO

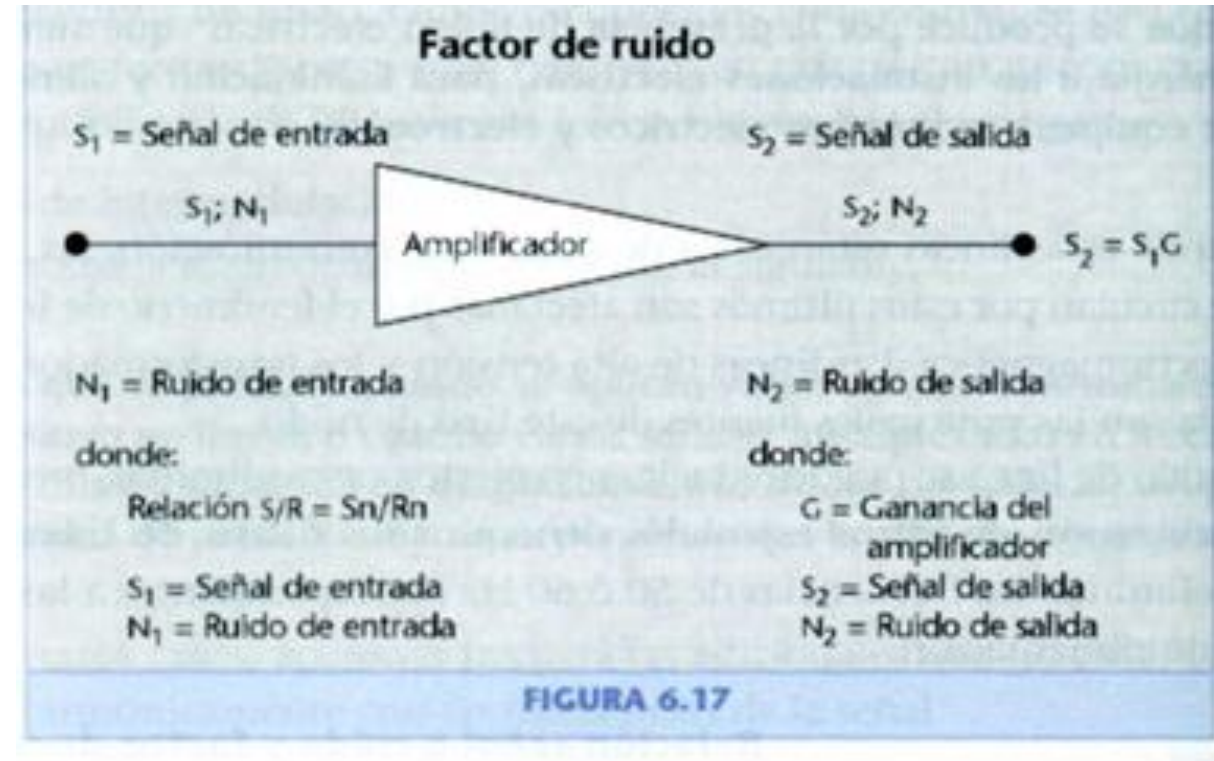
$$F = \frac{S_1/N_1}{S_2/N_2}$$

donde  $S_2 = S_1 * G$

$$F = \frac{S_1/N_1}{S_1G/N_2}$$

Simplificando

$$F = \frac{N_2}{G \times N_1}$$



Relación que depende exclusivamente de la ganancia y del ruido propio del canal y del ruido que puede añadir el amplificador

## SEÑALES DIGITALES

En las señales digitales no se emplea como parámetro de medición la relación señal ruido en su lugar se usa el BER (Bit Error Rate) ☐ Tasa de Errores



# Capacidad de los canales. Relación con la tasa de información

## TEORIA DE SHANNON-HARTLEY

$$C = V_{t_{\max}} \log_2 n_{\max} \text{ [bps]}$$

$n_{\max}$  = Será el máximo valor que posibilite la relación

$$\text{con } n_{\max} = \left(1 + \frac{S}{N}\right)^{1/2} \text{ y } V_{t_{\max}} = 2\Delta f$$

$$C = 2\Delta f \log_2 n_{\max} \text{ [bps]}$$

$$C = 2\Delta f \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right)^{1/2} \text{ [bps]}$$

Simplificando

$$C = \Delta f \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right) \text{ [bps]}$$

Donde:

$\Delta f$  = Ancho de banda del canal de comunicaciones

$S$  = Potencia media de la señal continua transmitida por el canal

$N$  = Potencia media del Ruido Gaussiano

# Trabajo Practico Nro. 5

## Ejercicio Nro. 1

Teniendo en cuenta que en un canal telefónico el valor de la **relación S/N típico es de 30 dB**, **FCI=300Hz**, **FCS=3300Hz**. ¿Cuál es el límite superior de la tasa de transmisión de datos confiable?.

**La tasa transmisión de datos confiables = ?**

**Relación S/N = 30 dB**

$$C = \Delta f \log_2 (1+S/N) \text{ [bps]}$$

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \log S/N$$

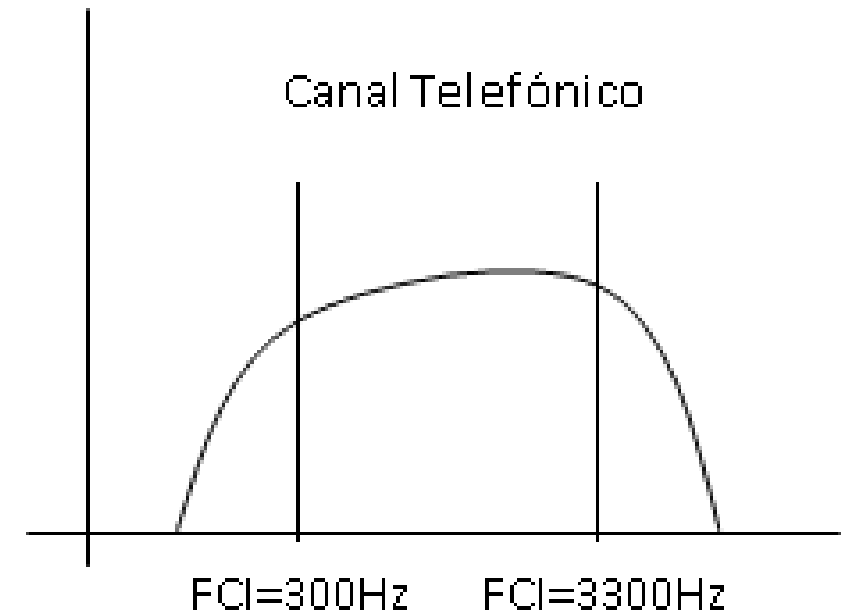
$$30 = 10 \log S/N$$

$$S/N = \mathbf{1000 \text{ veces}}$$

$$\Delta f = FCS - FCI = 3300\text{Hz} - 300 \text{ Hz} = \mathbf{3000 \text{ Hz}}$$

$$C = \Delta f \log_2 (1+S/N) \text{ [bps]}$$

$$C = 3000 \log_2 (1+1000) = \mathbf{29,9 \text{ Kbps}}$$



# Trabajo Practico Nro. 5

## Ejercicio Nro. 2

Calcular la relación señal a ruido (S/N) expresada en dB para los siguientes casos:

a.  $\Delta f = 3000 \text{ Hz}$ ,  $C = 10.000 \text{ bps}$  .

b.  $\Delta f = 10 \text{ KHz}$  ,  $C = 10.000 \text{ bps}$ .

c.  $\Delta f = 1 \text{ KHz}$  ,  $C = 10 \text{ Kbps}$ .

Graficar la variación de S/N (expresada en dB) en función del ancho de banda  $\Delta f$  (expresada en Hz). Extraer conclusiones.

a)  $C = \Delta f \log_2 (1+S/N) [\text{bps}]$

$$10.000 = 3.000 \log_2 (1+S/N)$$

$$10/3 = \log_2 (1+S/N)$$

$$S/N = 2^{10/3} - 1 = 10,07 - 1 = 9,07 \text{ veces}$$

$$S/N [\text{dB}] = 10 \log S/N$$

$$S/N = 10 \log 9,07 = 9,57 \text{ dB}$$

b)  $C = \Delta f \log_2 (1+S/N) [\text{bps}]$

$$10.000 = 10.000 \log_2 (1+S/N)$$

$$S/N = 1 \text{ vez}$$

$$S/N [\text{dB}] = 10 \log S/N$$

$$S/N = 10 \log 1$$

$$S/N = 0 \text{ dB}$$

# Trabajo Practico Nro. 5

## Ejercicio Nro. 2

c)  $C = \Delta f \log_2 (1+S/N)$  [bps]

$$10.000 = 1.000 \log_2 (1+S/N)$$

$$10 = \log_2 (1+S/N)$$

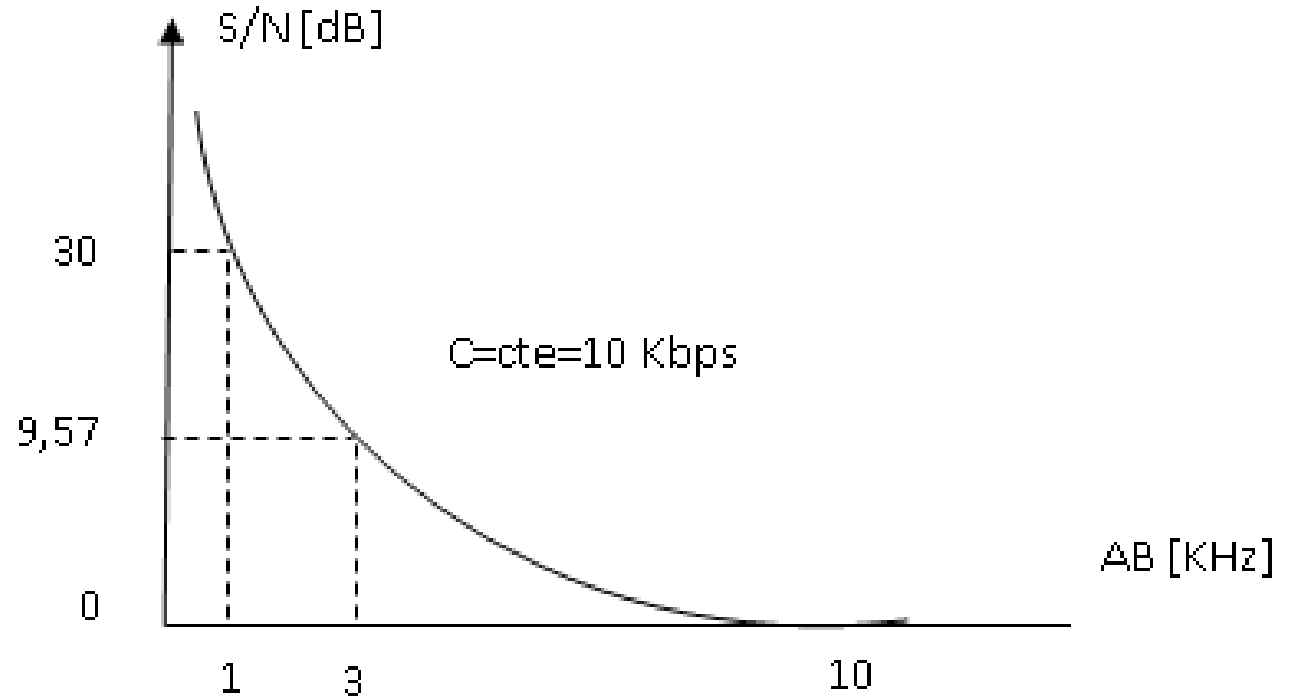
$$S/N = 2^{10} - 1 = 1024 - 1 = 1023 \text{ veces}$$

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \log S/N$$

$$S/N = 10 \log 1023$$

$$S/N = 30 \text{ dB}$$

Conclusión a medida que aumenta AB disminuye la relación señal ruido.



# Trabajo Practico Nro. 5

## Ejercicio Nro. 3

Necesitamos **duplicar la capacidad** de transporte de información de un canal de datos cuyo **ancho de banda (AB) es de 4KHz y su SNR=20dB**. Sabiendo que utilizaremos el mismo canal, necesitamos saber cuántas veces debemos aumentar la potencia de señal original para lograrlo. ¿**Cuál es la nueva SNR medida en dB?**..

$$\Delta f = 4 \text{ KHz} \text{ -- } S/N = 20 \text{ dB}$$

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \log S/N$$

$$20 = 10 \log S/N$$

$$S/N = 100 \text{ veces}$$

$$C = \Delta f \log_2 (1+S/N) \text{ [bps]}$$

$$C = 4000 \log_2 (1+100) = 26.632 \text{ bps}$$

$$2C = 2 * 26.632 \text{ bps}$$

$$2C = 53.265 \text{ bps}$$

$$C = \Delta f \log_2 (1+S/N) \text{ [bps]}$$

$$53.265 = 4000 \log_2 (1+S/N)$$

$$S/N = 10.198 \text{ veces}$$

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \log S/N$$

$$S/N = 10 \log 10.198$$

$$S/N = 40 \text{ dB}$$

# Trabajo Practico Nro. 5

## Ejercicio Nro. 4

Tenemos un canal cuyo ancho de banda (AB) es de 4KHz y su SNR=20dB. Sabiendo que por desperfectos aumenta al doble su potencia de ruido, estimar en forma porcentual la caída en la capacidad de transporte. ¿Cuál es la nueva SNR medida en dB?

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \log S/N$$

$$20 = 10 \log S/N = 9,57 \text{ dB}$$

$$10^2 = S/N$$

$$S/N = 100 \text{ veces}$$

$$C = \Delta f \log_2 (1+S/N) \text{ [bps]}$$

$$C = 4.000 \log_2 (1+100)$$

$$C = 26.632 \text{ bps}$$

$$C = \Delta f \log_2 (1+S/N*2) \text{ [bps]}$$

$$C = 4.000 \log_2 (1+50)$$

$$C = 22.689 \text{ bps}$$

$$\% = \{(26632-22689) / 22689\} * 100$$

$$\% = 17,34$$

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \log S/N$$

$$S/N = 10 \log 50$$

$$S/N = 16,98 \text{ dB}$$

# Trabajo Practico Nro. 5

## Ejercicio Nro. 5

Necesitamos transmitir datos sobre un canal de comunicación en condiciones extremadamente desfavorables. Sabemos que en dicho canal la **potencia de ruido duplica a la potencia de señal** y que la **capacidad transmisión requerida es de 64Kbps**. ¿Qué sistema recomendaría? ¿Cuál sería el ancho de banda requerido? ¿Cuál es la SNR expresada en dB?.

$$S/N = 1/2 \text{ veces } y \quad C = 64.000 \text{ bps}$$

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \log S/N$$

$$S/N = 10 \log 1/2$$

$$S/N = -3\text{dB}$$

$$C = \Delta f \log_2 (1+S/N) \text{ [bps]}$$

$$64.000 = \Delta f \log_2 (1+1/2)$$

$$64.000 = \Delta f 0,585$$

$$\Delta f = 109,4 \text{ KHz}$$

# Trabajo Practico Nro. 5

## Ejercicio Nro. 6

Se mide el rendimiento de una línea telefónica (3,1 KHz de ancho de banda). Cuando la **señal es 10 voltios, el ruido es de 5 milivoltios**. ¿Cuál es la **tasa de datos máxima** soportada por esta línea telefónica?

**Observa que los datos del enunciado son amplitudes (voltios) y no potencias (watts), por tanto hay que aplicar la formula:**

$$S/N \text{ [dB]} = 20 \log S/N$$

$$S/N = 20 \log 10/0,005$$

$$S/N = 66 \text{ dB}$$

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \log S/N$$

$$66 = 10 \log S/N$$

$$S/N = 3.981.071 \text{ veces}$$

$$C = \Delta f \log_2 (1+S/N) \text{ [bps]}$$

$$C = 3100 \log_2 (1+3.981.071)$$

$$C = 67.966 \text{ bps}$$



# Trabajo Practico Nro. 5

## Ejercicio Nro. 7

Suponer que en el espectro de un canal está situado **entre los 3 Mhz y los 4 Mhz** y que la **relación señal ruido es de 24 dB**. Calcular la **capacidad del canal y la cantidad de niveles** de señalización necesaria.

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \log S/N$$

$$24 = 10 \log S/N$$

$$S/N = 251,18 \text{ veces}$$

$$C = \Delta f \log_2 (1+S/N) \text{ [bps]}$$

$$C = 1 \log_2 (1+251,18)$$

$$C = 7,97 \text{ Mbps}$$

**Cantidad de niveles de señalización**  
**Caso Ideal – Sin Ruido**

$$C = 2\Delta f \log_2 n \text{ [bps]}$$

$$7,97 = 2*1 \log_2 n$$

$$n = 16$$

# Tratamiento de los errores en las redes de datos

## Definición de tasa de errores

Un canal de comunicaciones puede agregar errores de transmisión.

La transmisión puede efectuarse por medios analógicos o digitales, pero la tasa de errores está referida siempre a la recepción en forma digital de los datos en el sumidero.

La tasa de errores se suele expresar mediante la sigla BER. (Bit Error Rate)

A medida que un circuito teleinformático tiene mayor confiabilidad, menor será el valor de la tasa de errores.

Tasa de errores sobre un equipo terminal de datos, que actúa como sumidero, es la relación entre los bits recibidos de manera errónea respecto de la cantidad total de bits transmitidos.

$$BER = \frac{\text{Cantidad de bits con errores}}{\text{Cantidad de bits transmitidos}}$$

# Tratamiento de los errores en las redes de datos

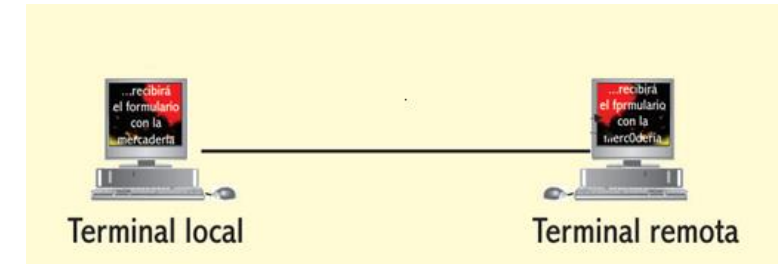
Detección de errores por adición de información redundante

Conceptos generales

En redes de área extensa (WAN) o en las de área local (LAN) se adiciona al mensaje información redundante para determinar si se produjo un error .

Procedimiento:

- El nodo transmisor le aplica el algoritmo definido.
- Se genera la información redundante compuesta por  $k$  bits.
- El transmisor envía la información más los  $k$  bits redundantes.
- El receptor separa la información de los  $k$  bits redundantes.
- Aplica el algoritmo al contenido de la información.
- Si los bits redundantes coinciden con los calculados se acepta la información como válida.
- Si no hay coincidencia se rechaza.



# Tratamiento de los errores en las redes de datos

Detección de errores por adición de información redundante

Método de suma de verificación (checksum)

Es una forma de control por redundancia muy simple

Se emplea en numerosos protocolos utilizados en redes de área extensa.

En Internet se usan en TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol).

Procedimiento:

En la **fuelle** se suman los bytes adyacentes, o se ordenan de dos en dos formando palabras de 16 bits.

- con el resultado obtenido se calcula el complemento a 1.
- el valor obtenido se coloca en el campo de bits de verificación.

En el equipo **colector** se repite el cálculo de los bits de verificación.

- si ambos coinciden se considerará que la transmisión no tuvo errores.

# Tratamiento de los errores en las redes de datos

Detección de errores por adición de información redundante

Método de control por redundancia cíclica (CRC)

Este método polinomial permite la verificación de todos los bits del mensaje mediante la utilización de un algoritmo matemático.

En el transmisor divide el mensaje por un polinomio conocido en ambos extremos (generador).

No hay términos de acarreo para la suma, ni de préstamo para la resta (operaciones de or exclusivo).

Ejemplo de suma:

$$\begin{array}{r} 11101001 \\ +10011100 \\ \hline 01110101 \end{array}$$

Ejemplo de resta:

$$\begin{array}{r} 11010001 \\ -10010110 \\ \hline 01000111 \end{array}$$

Un mensaje 11011011 se asimila a un polinomio:

$$1.X^7 + 1.X^6 + 0.X^5 + 1.X^4 + 1.X^3 + 0.X^2 + 1.X^1 + 1$$

# Tratamiento de los errores en las redes de datos

Detección de errores por adición de información redundante

Método de control por redundancia cíclica (CRC)

Procedimiento

1. Definimos un polinomio  $M(x)$  de grado  $n$ , a transmitir.
2. Definimos un polinomio  $G(x)$  de grado  $r$  (generador).
3. Definimos un polinomio auxiliar del mismo grado que el generador de la forma  $X^r$ .
4. Debe ser  $n \gg r$ .
5. Se genera un polinomio que contenga  $(r + n)$  bits, de la forma:  $M(x) X^r$ . ( $M(x)$  es de grado  $n$ ).
6. Se divide el nuevo polinomio generado de la forma:  $M(x) X^r$  por el polinomio generador  $G(x)$  (empleando el álgebra de módulo 2).
7. Se obtendrá un polinomio resto  $R(x)$  (que siempre deberá tener un número de bits igual o menor que  $r$ , grado del polinomio resto).
8. Se obtiene un polinomio  $T(x)$ , que es el polinomio a transmitir.

# Tratamiento de los errores en las redes de datos

Detección de errores por adición de información redundante

Método de control por redundancia cíclica (CRC)

Procedimiento

Se restan en módulo 2 los bits de  $M(x)$   $X^r$  y de  $R(x)$

Paso 1º: 
$$\frac{X^r M(x)}{G(x)} = C(x) + R(x)$$

Donde:

$C(x)$  es el cociente de la división (no tiene utilidad)

Paso 2º: 
$$T(x) = X^r M(x) + R(x)$$

Paso 3º:  $T(x)$  será siempre divisible por el polinomio generador  $G(x)$ .

Paso 4º: Si se introducen errores en la transmisión se recibirá:

$$T(x) = T(x) + E(x)$$

# Tratamiento de los errores en las redes de datos

Detección de errores por adición de información redundante

Método de control por redundancia cíclica (CRC)

Polinomios generadores: están normalizados tres polinomios donde el término  $(x + 1)$  está contenido como factor primo.

- Polinomio CRC-16

Se usa para caracteres codificados con 8 bits:  $P(X) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$

- Polinomio UIT-T

El CCITT lo normalizó:  $P(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

Su rendimiento es igual al anterior.

- Polinomio CRC-12

Indicado para caracteres codificados con 6 bits.  $P(X) = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X^1 + 1$



# Trabajo Practico Nro. 6

## Ejercicio Nro. 1

En una red de transmisión de datos se reciben 20 bits erróneos en 200.000 bits totales.  
¿Cuál es el BER?

$$\text{BER} = \frac{\text{Cantidad de bits erróneos}}{\text{Cantidad de bits totales}} = \frac{20}{200.000} = 0,0001$$

# Trabajo Practico Nro. 6

## Ejercicio Nro. 2

Dado el siguiente mensaje a transmitir [  $M(x)$  ] y teniendo como polinomio generador  $G(x) = X^4 + X + 1$ . Aplicar el método para detección de errores CRC determinando la información a transmitir. Calcular el rendimiento sincrónico de la transmisión.

$M(x) = 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1$ . Repetir el procedimiento del lado del receptor.

$$G(x) = 1\ 0\ 0\ 1\ 1$$

### Tratamiento de los errores en las redes de datos

Detección de errores por adición de información redundante

Método de control por redundancia cíclica (CRC)

#### Procedimiento

1. Definimos un polinomio  $M(x)$  de grado  $n$ , a transmitir.
2. Definimos un polinomio  $G(x)$  de grado  $r$  (generador).
3. Definimos un polinomio auxiliar del mismo grado que el generador de la forma  $X^r$ .
4. Debe ser  $n \gg r$ .
5. Se genera un polinomio que contenga  $(r + n)$  bits, de la forma:  $M(x) X^r$  ( $M(x)$  es de grado  $n$ ).
6. Se divide el nuevo polinomio generado de la forma:  $M(x) X^r$  por el polinomio generador  $G(x)$  (empleando el álgebra de módulo 2).
7. Se obtendrá un polinomio resto  $R(x)$  (que siempre deberá tener un número de bits igual o menor que  $r$ , grado del polinomio resto).
8. Se obtiene un polinomio  $T(x)$ , que es el polinomio a transmitir.

### Tratamiento de los errores en las redes de datos

Detección de errores por adición de información redundante

Método de control por redundancia cíclica (CRC)

#### Procedimiento

Se restan en módulo 2 los bits de  $M(x) X^r$  y de  $R(x)$

$$\text{Paso 1º: } \frac{X^r M(x)}{G(x)} = C(x) + R(x)$$

Donde:

$C(x)$  es el cociente de la división (no tiene utilidad)

$$\text{Paso 2º: } T(x) = X^r M(x) + R(x)$$

Paso 3º:  $T(x)$  será siempre divisible por el polinomio generador  $G(x)$ .

Paso 4º: Si se introducen errores en la transmisión se recibirá:

$$T(x) = T(x) + E(x)$$

# Trabajo Practico Nro. 6

## Ejercicio Nro. 2

$M(x) = 10110101101$  y  $G(x) = X^4 + X + 1 \Rightarrow 10011$ . Procedimiento  $T(x)$

101101011010000

10011

0010110

10011

0010111

10011

0010001

10011

00010000

10011

000110  $\Rightarrow R(x) = 0110$



Entrada		Salida
A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$T(x) = M(x) + R(x)$

101101011010110

# Trabajo Practico Nro. 6

## Ejercicio Nro. 2

$T(x) = 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0$  y  $G(x) = X^4 + X + 1 \Rightarrow 1\ 0\ 0\ 1\ 1$ . Procedimiento  $R(x)$

1 0 1 1 0 1 0 | 1 1 0 1 | 0 1 1 0

1 0 0 1 1

0 0 1 0 1 | 1 0

1 0 0 1 1

0 0 1 0 1 | 1 1

1 0 0 1 1

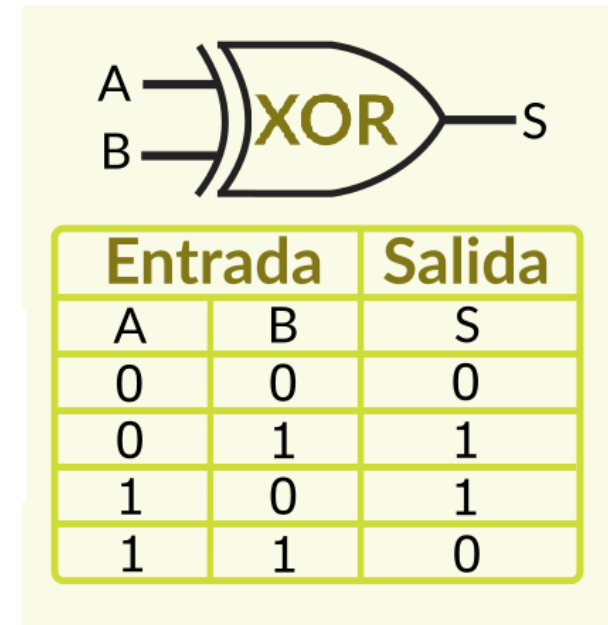
0 0 1 0 0 | 0 1

1 0 0 1 1

0 0 0 1 0 | 0 1 1

1 0 0 1 1

0 0 0 0 0 0  $\Rightarrow R(x) = 0\ 0\ 0\ 0$



Se corrobora el envío sin errores

# Trabajo Practico Nro. 6

## Ejercicio Nro. 3

Ídem al punto anterior con  $M(x) = 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1$  y polinomio generador

$$G(x) = x^8 + x^3 + x^2 + x + 1.$$

Procedimiento T(x)

$$G(x) = x^8 + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$G(x) = 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1$$

1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0

1 0 0 0 0 1 1 1 1

Aplicar XOR

$$R(x) = 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0$$

$$T(x) = M(x) + R(x)$$

1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0

Realizar el Procedimiento R(x) y Verificar si hubo error en la transmisión.



Entrada		Salida
A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

# Trabajo Practico Nro. 6

## Ejercicio Nro. 4

Obtener el mensaje a transmitir utilizando un CHECKSUM en las siguientes representaciones de 4 bits. Calcular el rendimiento sincrónico de la transmisión.

A-0 0 1 1

B-1 0 1 1

C-0 1 1 0

D-0 0 1 0

Repetir el procedimiento del lado del receptor. Extraer conclusiones

### Procedimiento CHECKSUM:

En la fuente se suman los bytes adyacentes, o se ordenan de dos en dos formando palabras de 16 bits.

con el resultado obtenido se calcula el complemento a 1.

el valor obtenido se coloca en el campo de bits de verificación.

En el equipo colector se repite el cálculo de los bits de verificación.

si ambos coinciden se considerará que la transmisión no tuvo errores.

# Trabajo Practico Nro. 6

## Ejercicio Nro. 4

El procedimiento desde el Transmisor, sería:

A: 0 0 1 1

B: 1 0 1 1

A + B = 1 1 1 0

C: 0 1 1 0

AB + C = 1 0 1 0 0

Por carrier: 1

AB + C = 0 1 0 1

D: 0 0 1 0

ABC + D = 0 1 1 1

Complemento 1 - C1 1 0 0 0

Se envía A, B, C, D y el C1 obtenido

El procedimiento desde el Receptor, sería:

A: 0 0 1 1

B: 1 0 1 1

A + B = 1 1 1 0

C: 0 1 1 0

AB + C = 1 0 1 0 0

Por carrier: 1

AB + C = 0 1 0 1

D: 0 0 1 0

ABC + D = 0 1 1 1

Complemento 1 - C1 1 0 0 0

ABCD + C1 = 1 1 1 1 - envío sin errores