

Transmisión de señales

Unidades de medida usadas en las telecomunicaciones

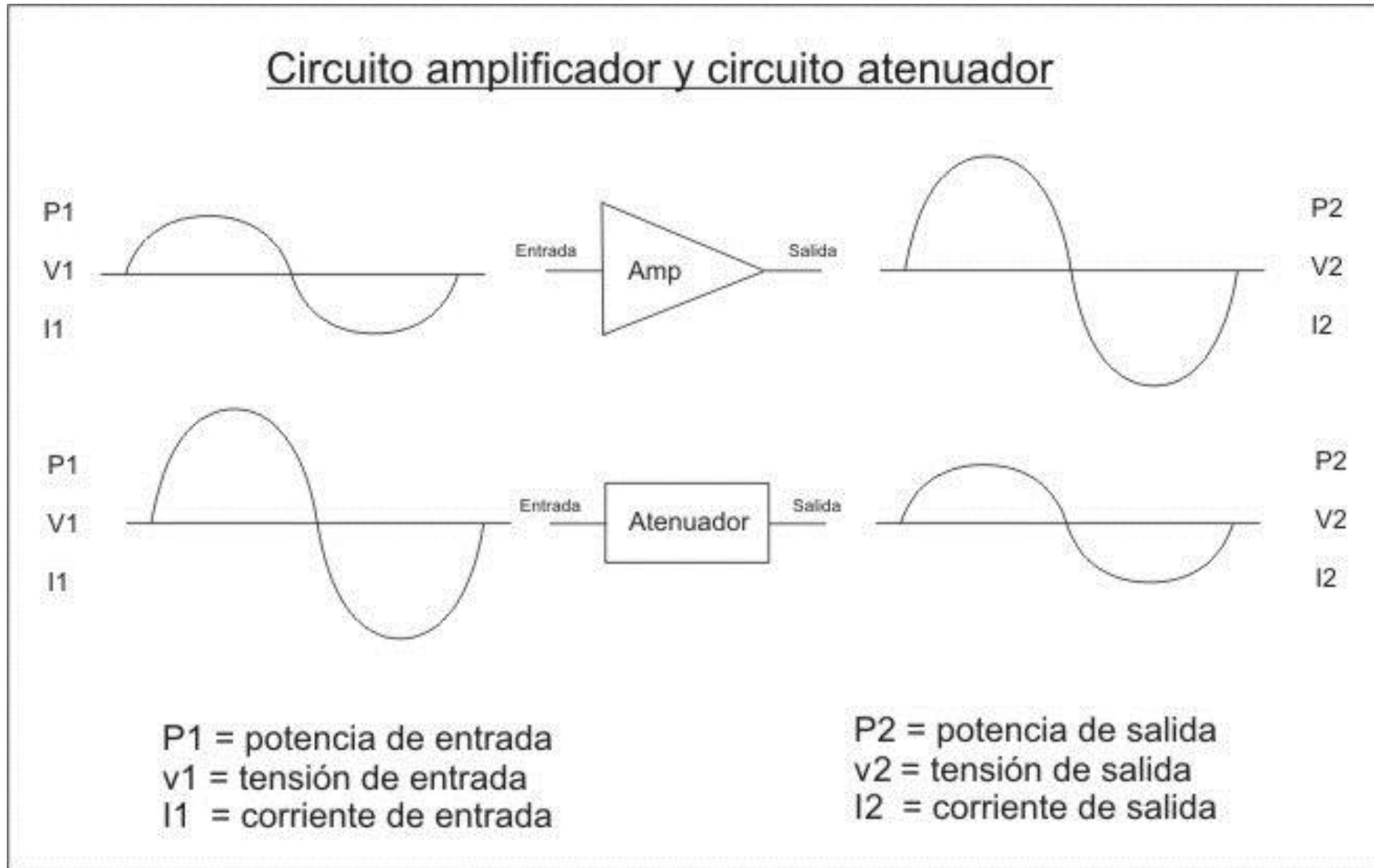
La transmisión de **señales** a través de medios de comunicaciones, como ya se explicó, sufren **atenuaciones o pérdidas** que en muchos casos **obligan a amplificarlas** a través de elementos pasivos o activos, para que **lleguen a los receptores con valores que permitan su interpretación y decodificación**.

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

$$dBm \pm dBm = dB$$

$$dBm \pm dB = dBm$$

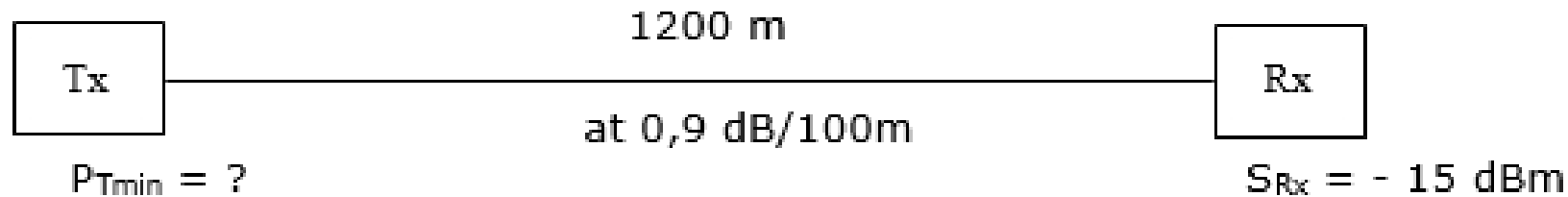
Sensibilidad del Receptor

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



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

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

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

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

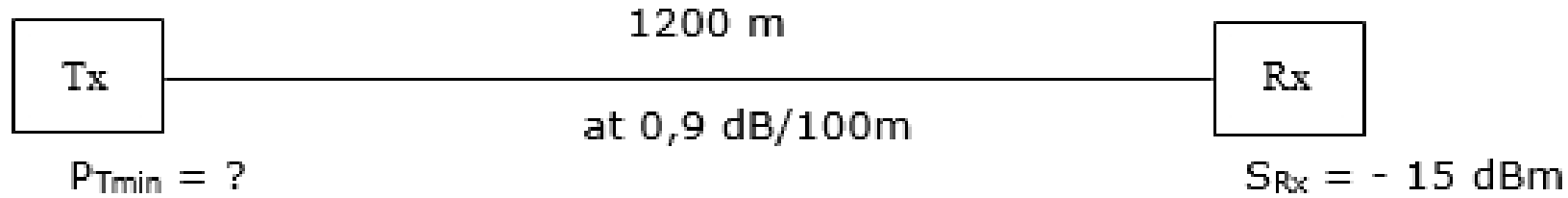
$$P_{tx}(\text{dBm}) = -15\text{dBm} + 10,8\text{dB}$$

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

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

Trabajo Practico Nro. 3

Ejercicio Nro. 1



Paso los dBm a mW del Tx

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

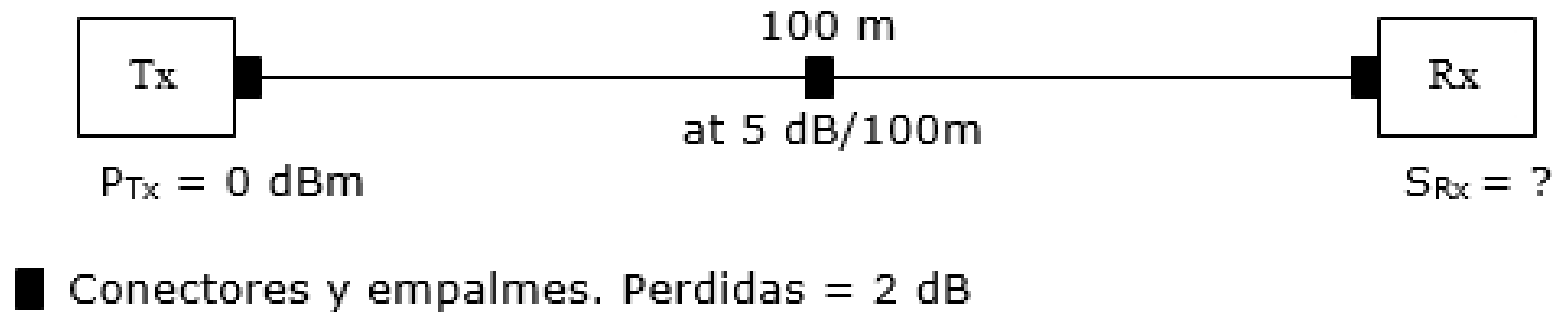
$$-4,2dBm = 10 * \log \frac{PTx}{1mW}$$

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

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.



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

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

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

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

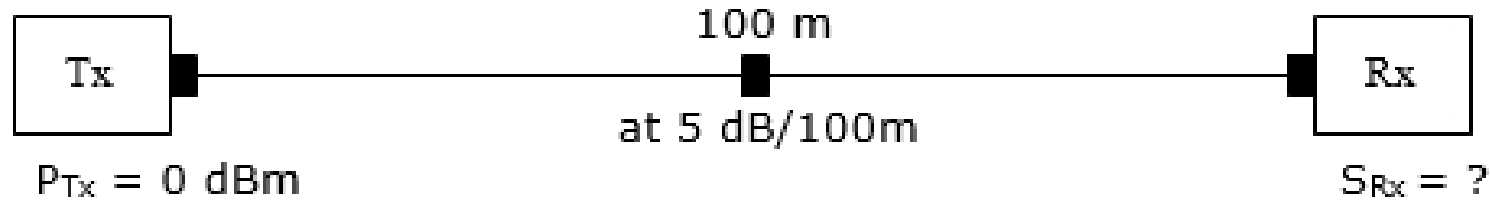
$$\text{Atenuación Coaxil} = 100\text{m} * \frac{5 \text{ dB}}{100\text{m}}$$

$$\text{Atenuación Coaxil} = 5 \text{ dB}$$

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

Trabajo Practico Nro. 3

Ejercicio Nro. 2



■ Conectores y empalmes. Perdidas = 2 dB

Paso los dBm a mW del Rx

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

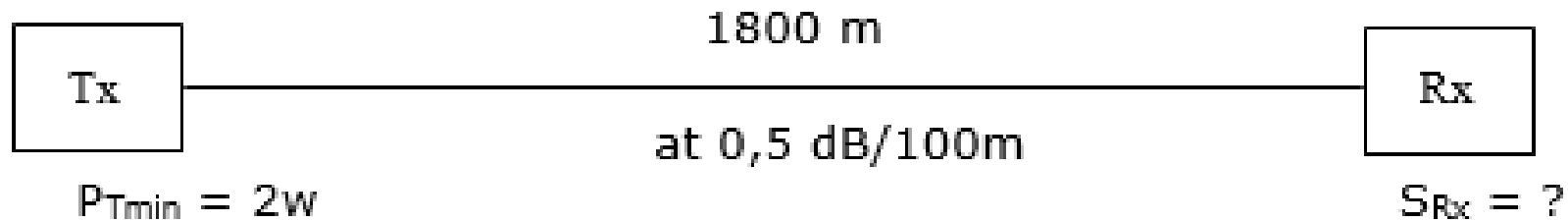
$$-7dBm = 10 * \log \frac{P_{Rx}}{1mW}$$

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

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:

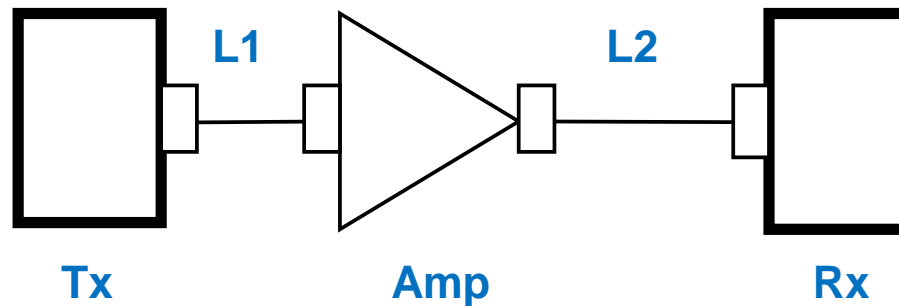
a) Calcular la ganancia y la sensibilidad del amplificador necesario para que el enlace funcione correctamente.

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

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

□ 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

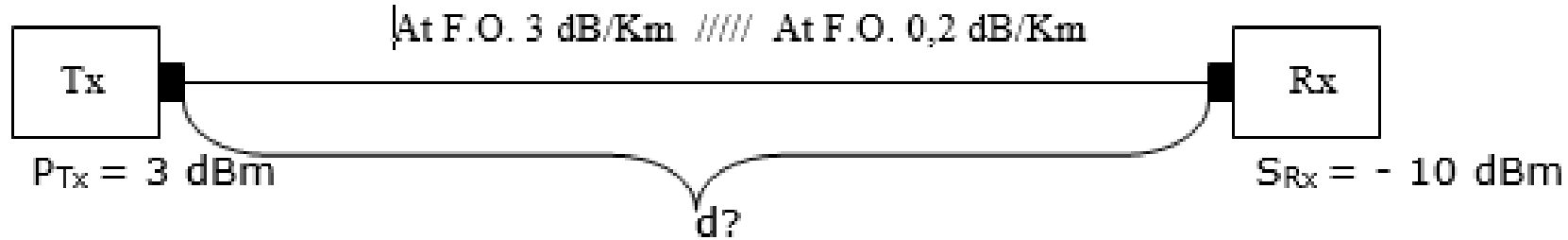
Calcular la distancia máxima entre receptor y transmisor suponiendo un factor de diseño FD = 10 dB (margen de diseño), empleándose un conector en el transmisor y otro en el receptor.

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

.

Trabajo Practico Nro. 3

Ejercicio Nro. 5



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

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

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

$$d = 600\text{m}$$

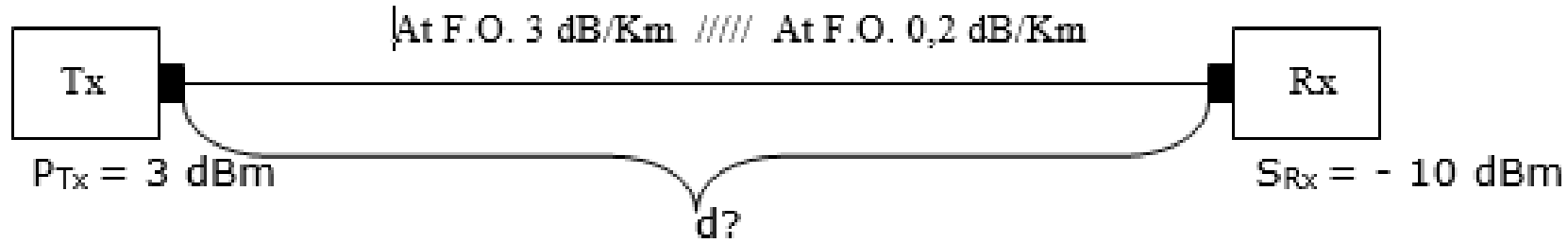
$$P_{tot}(\text{dB}) = \text{Suma de todas las Atenuaciones} + FD$$

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

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

Trabajo Practico Nro. 3

Ejercicio Nro. 5



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

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

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

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

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

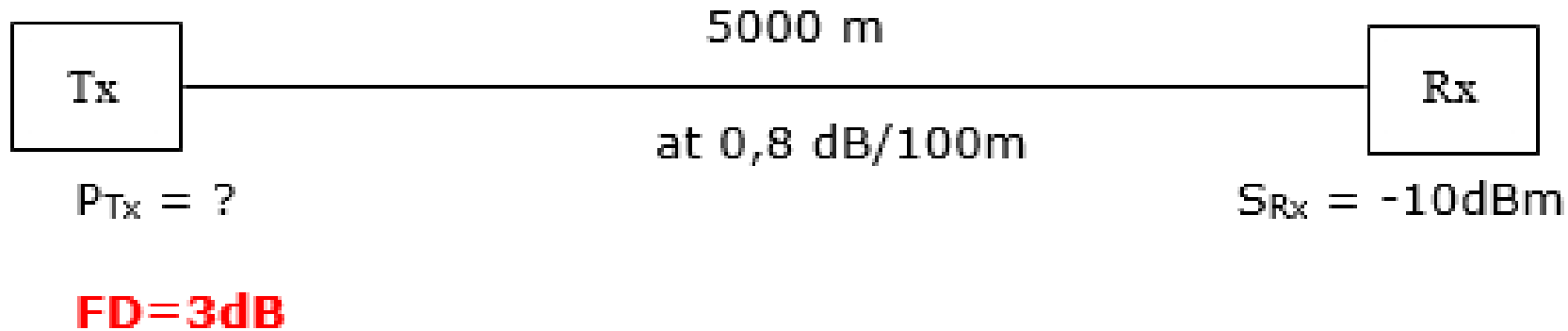
$$\text{Atenuación F.O.} = d * \frac{0,2 \text{ dB}}{1000\text{m}}$$

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

Trabajo Practico Nro. 3

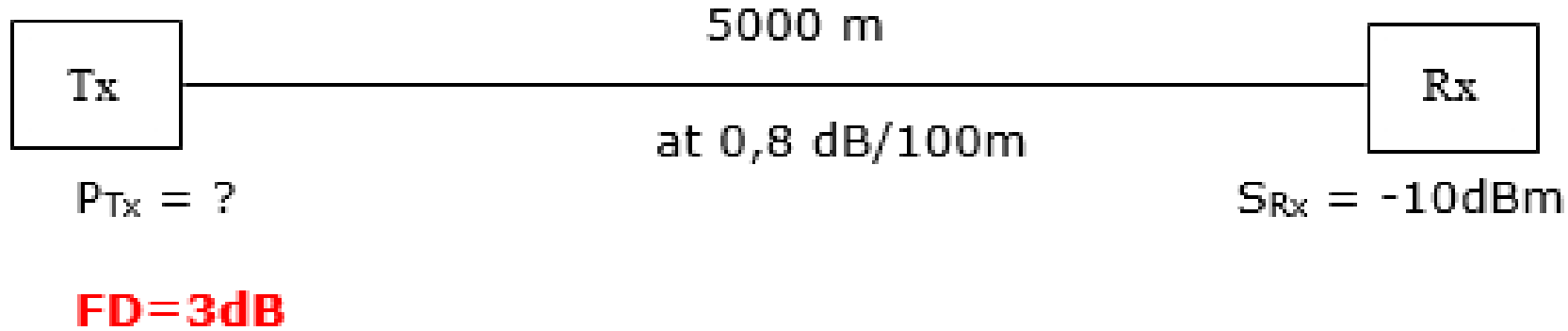
Ejercicio Nro. 6

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



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

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

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

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

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

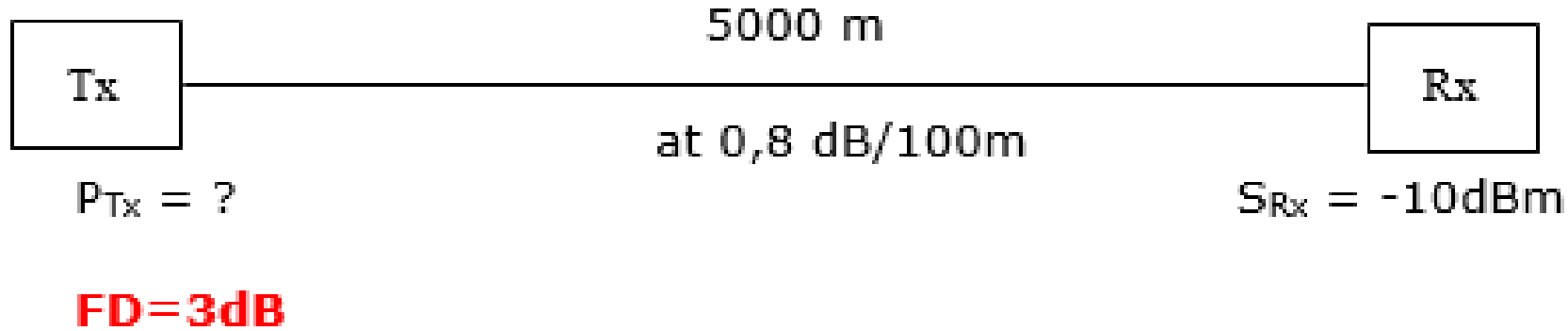
$$\text{Atenuación Coaxil} = 5000\text{m} * \frac{0,8 \text{ dB}}{100\text{m}}$$

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

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

Trabajo Practico Nro. 3

Ejercicio Nro. 6



Paso los dBm a mW del Tx

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

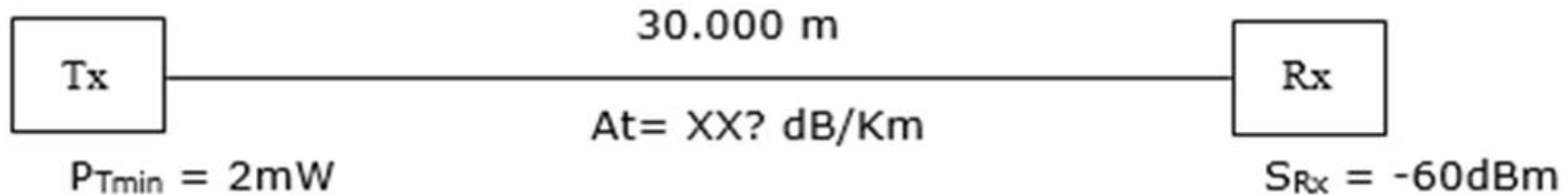
$$33dBm = 10 * \log \frac{P_{Tx}}{1mW}$$

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

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

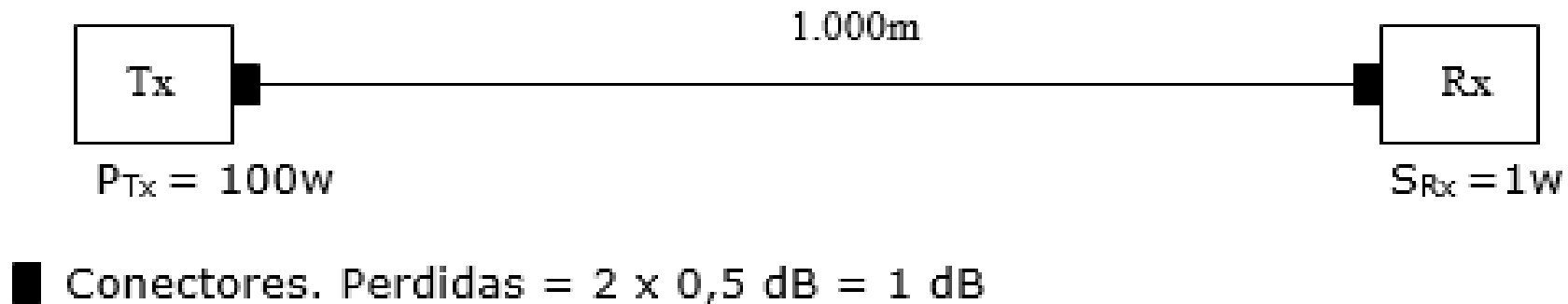
Ejercicio Nro. 8

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 $A_t = 5 \text{ dB}/100 \text{ m}$

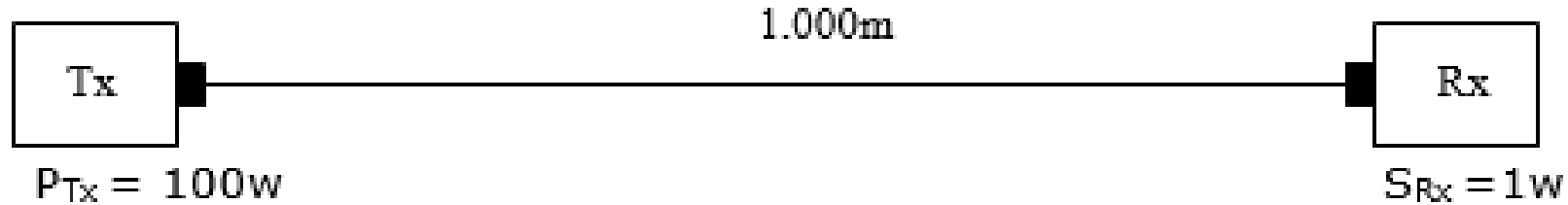
b.) Usando coaxil grueso RG 218 con $A_t = 0,8 \text{ dB}/100 \text{ m}$.

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



Trabajo Practico Nro. 3

Ejercicio Nro. 8



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

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

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

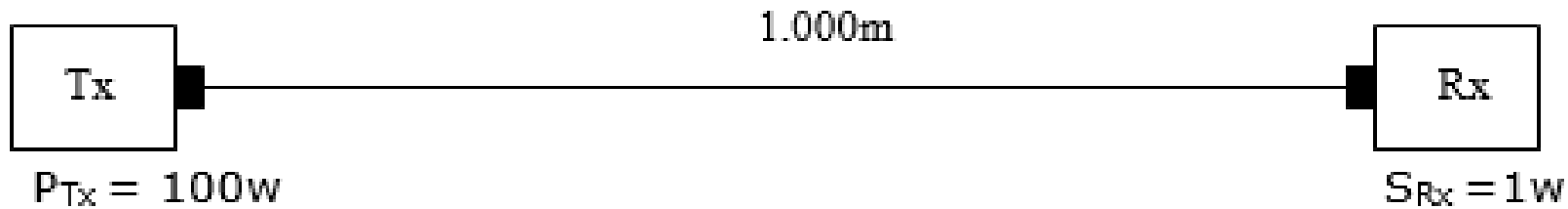
$$P(dB) = 20dB$$

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 = $2 \times 0,5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$

$$P(dB) = 20dB$$

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

$$\text{Atenuación} = 50dB$$

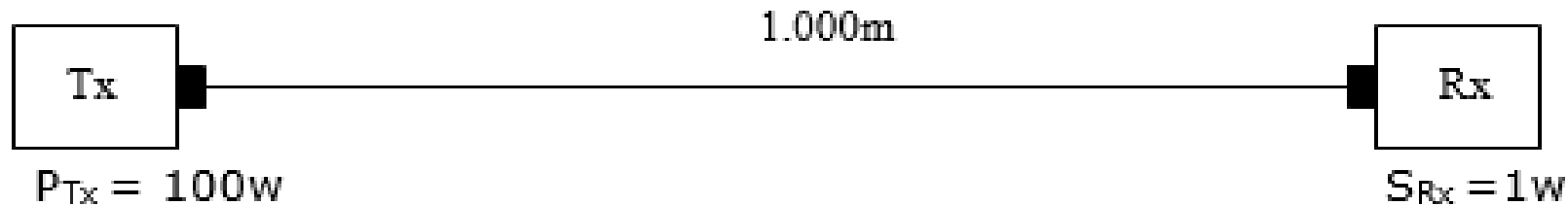
Se deberá utilizar un **amplificador** que compense: $G(\text{Amp}) = 50 \text{ dB} + 1dB - 20 \text{ dB} = \mathbf{31 \text{ dB}}$

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 = $2 \times 0,5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$

$$P(dB) = 20dB$$

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

$$\text{Atenuación} = 8dB$$

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?

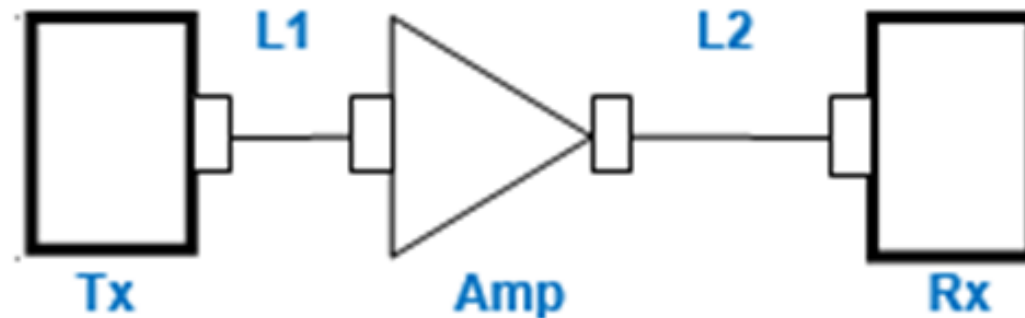
$P_{Tx} = ?$ dBm , $S_{Rx} = 0.5$ mW

$L1 = 1000$ 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)

$$P(\text{dB}) = 10 \log P_1/P_2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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