

# FIBRA ÓPTICA

## - ECUACIONES DE ENLACE:

• ATENUACIÓN:  $P_e - \alpha \cdot L - \alpha_c \cdot n_c - \alpha_e \cdot n_e \geq S + \Pi + I$

- $P_e$   $\equiv$  Potencia emitida [dBm]
- $\alpha$   $\equiv$  atenuación de la fibra [dB/km]
- $L$   $\equiv$  Longitud fibra [km]
- $\alpha_c$   $\equiv$  Atenuación conectores [dB]
- $n_c$   $\equiv$  n° conectores
- $\alpha_e$   $\equiv$  atenuación empalmes [dB]
- $n_e$   $\equiv$  n° empalmes
- $S$   $\equiv$  Sensibilidad del receptor
- $\Pi + I$   $\equiv$  márgenes de protección

## • DISPERSIÓN:

- MODAL:  $\sigma_{MOD} (ns) = \frac{0.187}{B_0 (GHz \cdot km)} \cdot L^2 (km)$

- $B_0$   $\equiv$  Ancho de banda modal
- $L$   $\equiv$  Longitud.
- $\delta$   $\equiv$  coeficiente de concatenación

## - CROMÁTICA: (material y guía-onda)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{MAT} (ns) &= \frac{|\Pi(\lambda) (ns/nm \cdot km) \cdot \Delta\lambda (nm)|}{2.35} \cdot L (km) \\ \sigma_{GO} (ns) &= \frac{G(\lambda) (ns/nm \cdot km) \cdot \Delta\lambda (nm)}{2.35} \cdot L (km) \end{aligned} \right\} \sigma_{CROM} (ns) = \frac{|\Pi + G| (ns/nm \cdot km) \cdot \Delta\lambda (nm)}{2.35} \cdot L (km)$$

$\Delta\lambda$   $\equiv$  Anchura espectral

- DISPERSIÓN TOTAL

- FIBRA MONOMODO:  $\sigma_{TOTAL} = \sigma_{CROM} (ns)$
- FIBRA MULTIMODO:  $\sigma_{TOTAL} = \sqrt{\sigma_{CROM}^2 + \sigma_{MOD}^2}$

## • ANCHO DE BANDA: $f_{MAX} = BW_{OS}$

$B (GHz) = \frac{0.187}{\sigma_{TOTAL} (ns)}$       • RÉGIMEN BINARIO:  $R_b (Mbps) \leq \frac{300}{\sigma_{TOTAL} (ns)}$

## TRANSMISIÓN POR RADIO ANTENAS PIRE (dBW) = $P_T (dBW) + G_T (dB)$

- PIRE  $\equiv$  Potencia Isotrópica Radiada Equivalente.
- $P_T$   $\equiv$  Potencia total suministrada a la antena. ( $P_e$ )
- $G_T$   $\equiv$  Ganancia del transmisor.

### ENLACE RADIOELÉCTRICO

- Emisión de densidad espectral de potencia:  $DSP (W/m^2) = \frac{P_e}{4\pi r^2}$ ;  $G_e = 10 \log \left( \eta \frac{\pi^2 D^2}{\lambda^2} \right)$

- Apertura de antena isotrópica:  $A [m^2] = \frac{\lambda^2}{4\pi}$

- Potencia recibida:  $P_R (W) = DSP \cdot A = \frac{P_e}{(4\pi r)^2} \cdot \lambda^2$

$P_R = P_e + G_e - A_{EL} + G_r$

$P_R (dBW) = P_e (dBW) - 20 \log \left( \frac{4\pi r}{\lambda} \right)$

ECUACIÓN ENLACE RADIOELÉCTRICO:  $C/N (dB) = PIRE - A_{EL} - A_{adicionales} + G_r - 10 \log (k (bant + teq) B)$

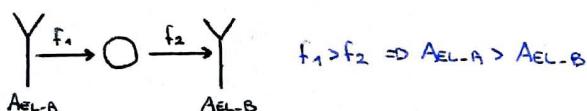
$A_{EL} = 32.4 + 20 \log (d (km)) + 20 \log (f (MHz))$

$d (km) = \sqrt{R^2 (km) + H^2 (km) - 2RH \cos \theta}$

$H$   $\equiv$  Altura respecto a la tierra (respecto al centro)

$R$   $\equiv$  Radio de la tierra

$\cos \theta = \cos(\text{lat. estación}) \cdot \cos(\text{long. relativa satélite-estación})$



$(C/N)^{-1}_{TOTAL} = (C/N)^{-1}_{ASLENENTE} + (C/N)^{-1}_{DESCLENENTE}$

## ATENUACIÓN TROPÓSFERICA:

• Radio de la zona de Fresnel:  $r_0 = \sqrt{\lambda \frac{d_1 d_2}{d}}$

despejamiento = altura - diferencia obstáculos

$\frac{\text{despejamiento}}{r_0} \rightarrow$  gráfica (OJO al tipo de reflexión)

$\Delta h = \frac{d_1 \cdot d_2}{2Rk}$

•  $D_{horizonte} (km) = 3.6 \cdot \sqrt{K_{horizonte} (m)}$

ECUACIÓN DE ENLACE ENTERA:  $C/N = \frac{PIRE - A_{EL} - A_{TROP} + G_r}{P_A} - \frac{10 \log (k (bant + teq) B)}{N}$

### \* RECOMENDACIONES:

$f = 1 + \frac{T_{eqT}}{T_0} \rightarrow$  FACTOR DE RUIDO  $\rightarrow f = 10^{\frac{F (dB)}{10}}$

$T_{eqT} = T_0 (f - 1)$

$$(C/N)_{TOTAL}^{-1} = (C/N)_{ASE}^{-1} + (C/N)_{DES}^{-1} \Rightarrow (C/N)_{TOTAL} = (\dots)^{-1} \rightarrow (C/N)_{TOTAL} = 10 \log(C/N) = (dB)$$

$$(C/N)(dB) = PIRE - AEL - \text{Adicionales} + G_R - 10 \log(k(t_{ant} + t_{eq})B) \rightarrow (C/N) = PIRE - AEL + G_R - 10 \log(k(t_{ant} + t_{eq})B)$$

$$(C/N)(dB) = PIRE - AEL - \text{ATROPO} + G_R - 10 \log(k \cdot T_o \cdot B) - F_n$$

$$AEL (dB) = 32.4 + 20 \log(d(km)) + 20 \log(f(MHz))$$

$$d(km) = \sqrt{R^2(km) + H^2(km) - 2RH \cos G}$$

$$\cos G = \cos(\text{latitud estación}) \cos(\text{longitud relativa satélite-estación})$$

$$g_R = \eta \frac{\pi^2 D^2}{\lambda^2}; \quad c = \lambda \cdot f \quad (c = 3 \cdot 10^8); \quad G_R (dB) = 10 \log(g_R)$$

ATROPO  $\rightarrow$  SI NO ME DICEN LA ZONA DE FRESNEL, CALCULO  $r_1$  PARA TENER VALORES EN EL EJE DE LA GRÁFICA.

$$r_1 = \sqrt{n \lambda \frac{d_1 d_2}{d}} \quad \begin{array}{l} d_1 \rightarrow \text{distancia transmisor-obstáculo} \\ d_2 \rightarrow \text{distancia obstáculo-receptor} \\ d \rightarrow \text{distancia total} \end{array} \quad \text{GRÁFICA} \rightarrow \frac{\text{DESPEJAMIENTO}}{\text{PRIMERA ZONA FRESNEL}} = \dots \rightarrow \text{ATROPO (dB)}$$

\*NOTA: EJE VERTICAL = - ATROPO

$$PIRE (dBW) = P_T (dBW) + G_T (dB); \quad P_T (dBW) = 10 \log(P_T (W))$$

$$F_{NT} = F_{N1} + \frac{F_{N2} - 1}{G_1} + \frac{F_{N3} - 1}{G_1 G_2} + \dots = 10 \frac{F_{N1}}{10} + \frac{10 \frac{F_{N2} - 1}{10 G_1}}{10 G_1 G_2} + \dots \quad \text{*NOTA: GANANCIA = - ATENUACIÓN}$$

$$T_{eq} = T_o (F_{NT} - 1) \quad \rightarrow \quad F_{NT} = 10 \log(F_{NT}) = (dB)$$

↑ NO dB

$$\text{POTENCIA RECIBIDA: } P_R (dBW) = PIRE (dBW) - AEL + G_R - \text{ATROPO}$$

\*NOTA:  $10 + G_1$  siempre en valor absoluto

$$\text{DISPERSIÓN MODAL: } \sigma_{MOD} (ns) = \frac{0.187}{B_o (GHz \cdot km)} \cdot L^2 (km)$$

$$\text{DISPERSIÓN CROMÁTICA: } \sigma_{CROM} (ns) = \frac{17 + G_1 (ns/nm \cdot km) \cdot \Delta \lambda (nm)}{2.35} \cdot L (km)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{PAR} (ns) = \frac{17 + G_1 (ns/nm \cdot km) \cdot \Delta \lambda (nm)}{2.35} \cdot L (km) \\ \sigma_{CO} (ns) = \frac{G_2 (\lambda) (ns/nm \cdot km) \cdot \Delta \lambda (nm)}{2.35} \cdot L (km) \end{array} \right\}$$

$$\text{DISPERSIÓN TOTAL} \left\{ \begin{array}{l} \text{FIBRA MONOMODO: } \sigma_{TOTAL} = \sigma_{CROM} (ns) \\ \text{FIBRA MULTIMODO: } \sigma_{TOTAL} = \sqrt{\sigma_{CROM}^2 + \sigma_{MOD}^2} \end{array} \right.$$

$$\text{ANCHO DE BANDA: } B (GHz) = \frac{0.187}{\sigma_{TOTAL} (ns)}$$

$$\text{RÉGIMEN BINARIO: } R_b (Mbps) = \frac{300}{\sigma_{TOTAL} (ns)}$$

$$B \times L (MHz \cdot km) \rightarrow L = (B \times L)_{FIBRA} / f_{MAX} = (km) \leftarrow \text{DISTANCIA QUE CUBRE LA FIBRA QUE NOS DAN}$$

$$N^{\circ} \text{ TRAMOS} = \frac{L_{FIBRA}}{L_{TRAMO}} \rightarrow \text{SI } L_{FIBRA} \text{ ES MENOR QUE LA } L \text{ A CUBRIR, EL NÚMERO DE TRAMOS SERÁ SÓLO DEL TRANSMISOR AL REPETIDOR} \rightarrow N^{\circ} \text{ EMPALMES} = N^{\circ} \text{ TRAMOS} - 1 \rightarrow \text{COMO SÓLO SERÍA LA MITAD, PARA VER EL N^{\circ} DE EMPALMES TOTAL, MULTIPLICO X 2.}$$

VER SI SON NECESARIOS REPETIDORES:

$$1) \text{ CRITERIO DE ATENUACIÓN / POTENCIA: } P_e - \alpha \cdot L - n_c \cdot d_c - n_e \cdot d_e \geq S_o + \Pi + I \rightarrow dBm \geq dBm$$

$$2) \text{ CRITERIO DE DISPERSIÓN } \left\{ \begin{array}{l} 1^{\circ} \text{ OBTENER } \sigma_{TOTAL} \\ R_b \leq \frac{300}{\sigma_{TOTAL} (ps)} \rightarrow \sigma_{TOTAL} (ps) \leq \frac{300}{R_b (Gbps)} \rightarrow ps \leq ps \end{array} \right.$$

$$\text{CAPACIDAD TOTAL} = N^{\circ} \text{ FIBRAS} \cdot BW$$

$$\text{FRECUENCIAS } 1 - 20 \text{ GHz} \rightarrow \text{BW TÍPICO} \left\{ \begin{array}{l} 27 \text{ MHz} \\ 33 \text{ MHz} \\ 36 \text{ MHz} \end{array} \right.$$

$$\text{TRANSISTORES} \left\{ \begin{array}{l} \text{LED: } \Delta \lambda: 3 - 10 \text{ nm} \\ \text{LÁSER: } \Delta \lambda: 40 - 110 \text{ nm} \end{array} \right.$$

$$\text{CAPACIDAD TOTAL} = (\text{FIBRAS TOTALES} - \text{FIBRAS RESERVA}) \cdot R_b (Gbps)$$

$$\text{CAPACIDAD EFECTIVA} = \frac{\text{CAPACIDAD TOTAL}}{\text{INCREMENTO CODIFICACIÓN DE LÍNEA}} = Gbps$$