

ANEXOS

Anexo I: DIAGRAMA DE GANTT

A continuación se muestra el diagrama de Gantt con la evolución temporal de las tareas de este proyecto.

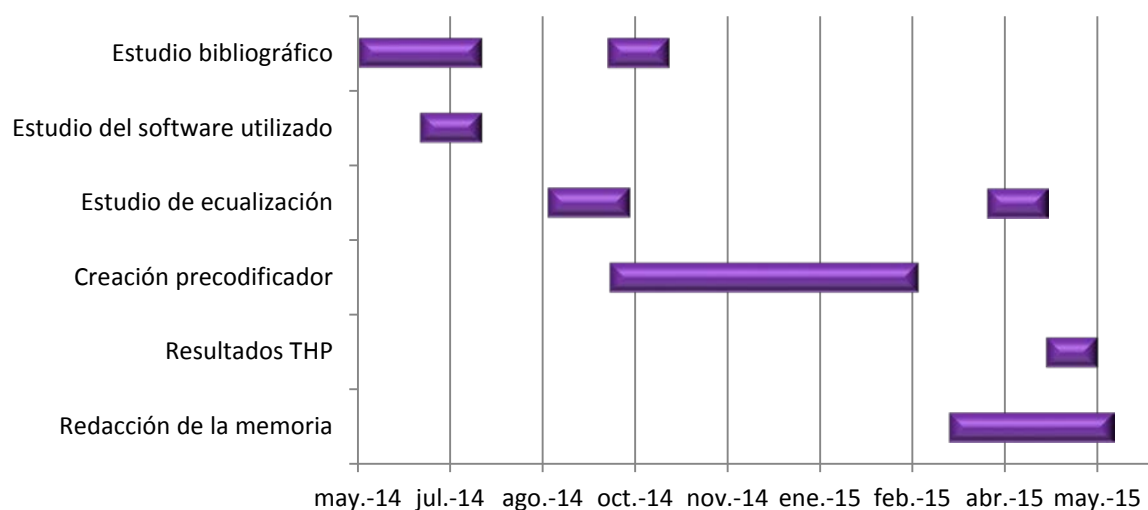


Figura I.1.- Diagrama de Gantt.

Anexo II: MODELO MATRICIAL DE PROPAGACIÓN

El modelo de propagación está basado en la ecuación de flujo de Gloge que describe la evolución de la distribución de potencia modal, ya que es transmitida a través de una POF donde los distintos modos están caracterizados por su ángulo de propagación respecto al eje de la fibra, θ , que es considerado como una variable continua. Este modelo es válido para fibras de salto de índice y gran apertura numérica ya que al tener un elevado número de modos, éstos se pueden considerar como un continuo. A partir de la atenuación y de la difusión, consideradas como funciones del ángulo de propagación se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial P(\theta, z)}{\partial z} = -\alpha(\theta)P(\theta, z) + \frac{1}{\theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\theta \cdot d(\theta) \frac{\partial P(\theta, z)}{\partial \theta} \right), \quad (\text{II.1})$$

Donde $P(\theta, z)$ es la distribución de potencia, z es la longitud de la fibra y $\alpha(\theta)$ y $d(\theta)$ son las funciones de atenuación y difusión, respectivamente.

Este modelo permite predecir los patrones de campos lejanos obtenidos en distintas condiciones de inyección pero no puede utilizarse en para la predicción de los anchos de banda de las fibras ya que carece de la variable temporal. Siguiendo la generalización de Gloge para introducir esta variable temporal, la ecuación (II.1) se transforma en:

$$\frac{\partial P(\theta, z, t)}{\partial z} = -\alpha(\theta)P(\theta, z, t) - \frac{n}{c \cos \theta} \cdot \frac{\partial P(\theta, z, t)}{\partial t} + \frac{1}{\theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\theta \cdot d(\theta) \frac{\partial P(\theta, z, t)}{\partial \theta} \right), \quad (\text{II.2})$$

A partir de la cual, aplicando la transformada de Fourier a ambos lados de la misma y utilizando la propiedad de la derivada de Fourier se obtiene la siguiente ecuación simplificada:

$$\frac{\partial p(\theta, z, \omega)}{\partial z} = -\left(\alpha(\theta) + \frac{n}{c \cos \theta} \cdot j\omega \right) p(\theta, z, \omega) + \frac{1}{\theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\theta \cdot d(\theta) \frac{\partial p(\theta, z, \omega)}{\partial \theta} \right), \quad (\text{II.3})$$

Donde $p(\theta, z, \omega)$ es la transformada de Fourier de $P(\theta, z, t)$. La resolución de esta ecuación se realiza con un método de diferencias finitas en el que se utiliza una diferencia progresiva para la primera derivada en z , y una diferencia central de primer y segundo orden para la primera y segunda derivadas angulares, respectivamente. Por lo tanto, la potencia en el ángulo θ y la distancia $(z + \Delta z)$ se obtiene como la combinación lineal de la potencia en el mismo ángulo y los dos ángulos adyacentes $(\theta + \Delta\theta, \theta - \Delta\theta)$ para una distancia z como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} p(\theta, z + \Delta z, \omega) = & \left(1 - \left(\alpha(\theta) + \frac{n}{c \cos \theta} \cdot j\omega \right) \Delta z \right) p(\theta, z, \omega) \\ & + \frac{\Delta z}{2 \cdot \Delta \theta} \left(\frac{d(\theta)}{\theta} + d'(\theta) \right) (p(\theta + \Delta\theta, z, \omega) - p(\theta - \Delta\theta, z, \omega)) \\ & - \frac{2d(\theta)\Delta z}{\Delta \theta^2} p(\theta, z, \omega) \end{aligned} \quad (\text{II.4})$$

$$+ \frac{d(\theta)\Delta z}{\Delta\theta^2} (p(\theta + \Delta\theta, z, \omega) - p(\theta - \Delta\theta, z, \omega)).$$

Esta ecuación puede simplificarse expresándola de forma matricial. De hecho, los cambios diferenciales en la distribución de potencia angular en cada paso Δz son un simple producto de matrices. Por lo tanto, dada la potencia angular en una longitud inicial z_1 , la distribución de potencia en una longitud z_2 más larga se puede calcular con la siguiente ecuación matricial:

$$\mathbf{p}(z_2, \omega) = (\mathbf{A}(\omega) + \mathbf{D})^m \cdot \mathbf{p}(z_1, \omega), \quad (\text{II.5})$$

Donde $\mathbf{p}(z_1, \omega)$ y $\mathbf{p}(z_2, \omega)$ son vectores columna que describen la distribución angular de potencia en el dominio frecuencial para dos longitudes de fibra. Los vectores de potencia se definen de forma que cada componente k del vector es la potencia en el ángulo de propagación discretizado $\theta = k \cdot \Delta\theta$, y $m = \frac{z_2 - z_1}{\Delta z}$ es un número entero que se puede encontrar para cualquier par de longitudes de $z_2 > z_1$ si se elige una longitud Δz pequeña.

\mathbf{A} es una matriz diagonal que describe la potencia de propagación sin difusión. Sus elementos vienen dados por la ecuación (II.5):

$$A_{k,k}(\omega) \approx 1 - \Delta z \cdot \alpha(k \cdot \Delta\theta) - \Delta z \cdot \frac{n}{c \cos(k \cdot \Delta\theta)} \cdot j\omega, \quad (\text{II.6})$$

Que es una aproximación de orden 1 de:

$$A_{k,k}(\omega) = \exp(-\Delta z \cdot \alpha(k \cdot \Delta\theta) - \Delta z \cdot \frac{n}{c \cos(k \cdot \Delta\theta)} \cdot j\omega) \quad (\text{II.7})$$

\mathbf{A} es el único término dependiente de la frecuencia en la ecuación (II.5). Los valores complejos de $A_{k,k}(\omega)$ se obtienen mediante el muestreo de la frecuencia angular ω con la precisión requerida para poder calcular la transformada de Fourier inversa de $\mathbf{p}(\theta, z, \omega)$ para obtener $\mathbf{P}(\theta, z, t)$. La matriz \mathbf{D} es una matriz tri-diagonal que representa la difusión de potencia a lo largo de la fibra. Sus elementos para $k > 0$ son:

$$\begin{aligned} D_{k,k-1} &= \left(d(k \cdot \Delta\theta) - \frac{1}{2} \frac{d(k \cdot \Delta\theta)}{k} - \frac{1}{2} d'(k \cdot \Delta\theta) \Delta\theta \right) \frac{\Delta z}{\Delta\theta^2} \\ D_{k,k} &= -2d(k \cdot \Delta\theta) \frac{\Delta z}{\Delta\theta^2}, \\ D_{k,k+1} &= \left(d(k \cdot \Delta\theta) + \frac{1}{2} \frac{d(k \cdot \Delta\theta)}{k} + \frac{1}{2} d'(k \cdot \Delta\theta) \Delta\theta \right) \frac{\Delta z}{\Delta\theta^2} \end{aligned} \quad (\text{II.8})$$

La matriz $(\mathbf{A}(\omega) + \mathbf{D})$ contiene toda la información espacio-temporal relativa a la potencia de propagación a través de la fibra y por lo tanto, da una descripción completa de la fibra como un sistema de transmisión. La clave del método que proponemos para resolver la ecuación (II.2) es tomar ventaja de la naturaleza dispersa de esta matriz, por la cual sólo un pequeño porcentaje de sus elementos son distintos de cero; lo que hace que el cálculo de potencias múltiples sea más eficiente, particularmente cuando se utiliza Matlab. Además, no es necesario volver a calcular las matrices cuando se cambian las condiciones iniciales para obtener las distribuciones de potencia de salida espacio-temporales, ya que sólo dependen de la difusión y atenuación de la fibra. Los valores de Δz y $\Delta\theta$, que son críticos para la convergencia, se han determinado de

acuerdo con la precisión requerida. En los cálculos presentados aquí hemos utilizado $\Delta z = 0.001$ m y $\Delta \theta = 0.005$ rad obteniendo resultados bastantes precisos.

Una vez que la condición inicial, dada por la distribución de potencia inyectada en la fibra puesta en forma vectorial, se multiplica por la correspondiente matriz característica de la misma, se obtiene la distribución de potencia, $p(\theta, z, \omega)$, como función del ángulo de salida, de la frecuencia y de la longitud, para una determinada fuente de entrada.

A partir de $p(\theta, z, \omega)$ para una serie de valores de z se pueden obtener todos los parámetros relevantes como se va a ver. En primer lugar la respuesta frecuencial en función de la longitud. Así mismo el cálculo de la transformada de Fourier inversa de $p(\theta, L, \omega)$ permite obtener el ensanchamiento temporal de un pulso para cada ángulo de salida a una determinada longitud, $P(\theta, L, t)$ que se denominará a partir de ahora, distribución de potencia espacio-temporal y a partir de la cual se pueden obtener la repuesta al impulso de la fibra y el perfil radial de su patrón de campo lejano.

Un aspecto importante que se deriva de la triple dependencia de la potencia con el ángulo de propagación, la longitud y la dimensión tiempo/frecuencia es que para obtener el ensanchamiento del pulso o la respuesta en frecuencia para una longitud dada, $z = L$, no es suficiente conocer la respuesta al impulso o la respuesta frecuencial para una longitud menor, sino que se requiere conocer toda la trayectoria seguida por la potencia que llega a ese ángulo. Esto implica que es necesario conocer la distribución de potencia espacio-temporal $p(\theta, L_o < L, t)$. Por lo tanto, para calcular la respuesta frecuencial en cualquier longitud es necesario conocer la distribución angular de potencia justo a la entrada de la fibra: $P(\theta, z = 0, t = 0)$ donde no hay temporal inducido por propagación. De hecho, en trabajos previos se sugiere que la distribución de entrada tiene un fuerte impacto en el ancho de banda cambiando el equilibrio de difusión y atenuación diferencial. Por lo tanto la distribución inicial de potencia angular es crítica para predecir el comportamiento temporal. La fuerte difusión inicial sufrida por la potencia óptica cuando entra en la fibra es introducida en el modelo como un efecto independiente por medio de otra matriz, la matriz de inyección \mathbf{J} , que es muy diferente para cada tipo de fibra y se ha estimado a partir de perfiles radiales experimentales para fibras cortas. El producto de la matriz de inyección y la distribución de potencia angular del emisor proporciona el vector de distribución de potencia angular justo al entrar a la fibra.

Anexo III: FIBRA Y CONECTOR

En este anexo se exponen las hojas de características de la fibra y del conector ST utilizados en las simulaciones para la construcción del canal.

III.1. Mitsubishi, GH-4001

ESKA™ High-performance Plastic Optical Fiber: GK-40

Manufactured by Mitsubishi Rayon Co., Ltd.

Marketed and sold by Mitsubishi International Corporation

May, 2001

Structure		
Core Material	Polymethyl-Methacrylate Resin (PMMA)	
Cladding Material	Fluorinated Polymer	
Core Refractive Index	1.49	
Numerical Aperture	0.5	
Refractive Index Profile	(Step Index)	
Attenuation (db/m)	0.15	
Approximate Weight (g/m)	1.0	
	Unit	Typical
Core Diameter	μm	980
Overall Diameter	μm	1000
Fiber Diameter Tolerance	± 6%	

Packaging	
Spool Length (m)	5,250
N weight on spool (kg)	6.6
Spool Weight (kg)	1.4
Carton Size	315 X 315 X 215
Carton G Weight (kg)	8.0
Fiber Code	GK40
Cable Code	GH4001/4002

Applications: Sensing

GK grade fibers are typically used for sensing temperatures, speed, liquidity levels and positioning. In addition, medical applications are popular, as are applications where tight bends are required.

Performance		Criteria for Acceptance and/or Test Conditions	Unit	Values
Temperature Range		No deterioration in optical properties *	°C	-55 – 85
Operating Temperature Under Conditions of High Humidity		No deterioration in optical properties [95% RH] **	°C	≤ 75
Optical Properties	Transmission Loss	650nm collimated light (standard conditions) [10m – 1m cutback]	dB/km	≤ 150
Mechanical Characteristics	Minimum Bend Radius	Loss increment ≤ 0.5dB [Quarter bend]	mm	≥ 20
	Tensile Strength	Tensile force at yield point [JIS C 6861]	N	≥ 65

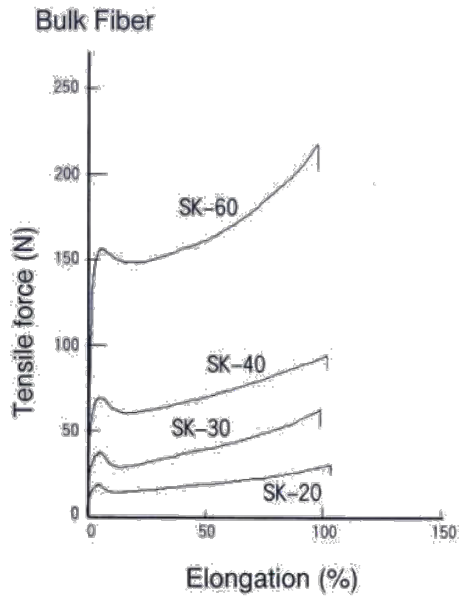
Notes: Performance tested in conditions cooler than 25°C unless otherwise indicated

* Attenuation change <10% after 1000 hours

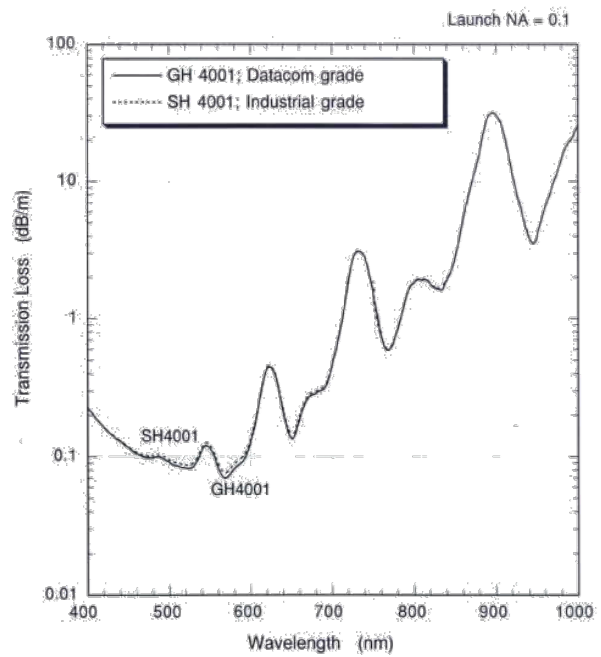
** Attenuation change <10% after 1000 hours, except when due to absorbed water

ESKA™ Plastic Fiber Optic & Cable General Technical Information Manufactured by Mitsubishi Rayon Co., Ltd. Marketed and sold by Mitsubishi International Corporation

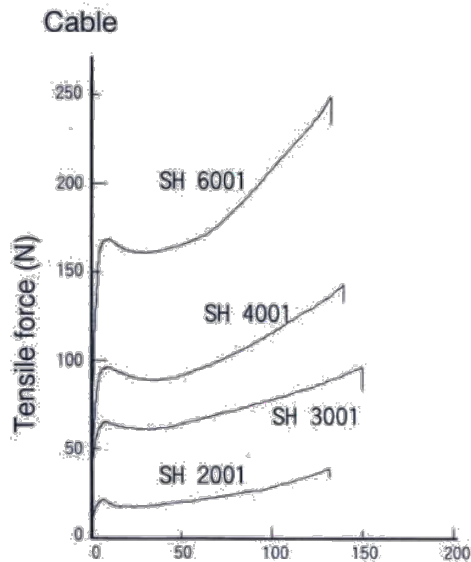
Tensile Characteristics: Bulk Fiber



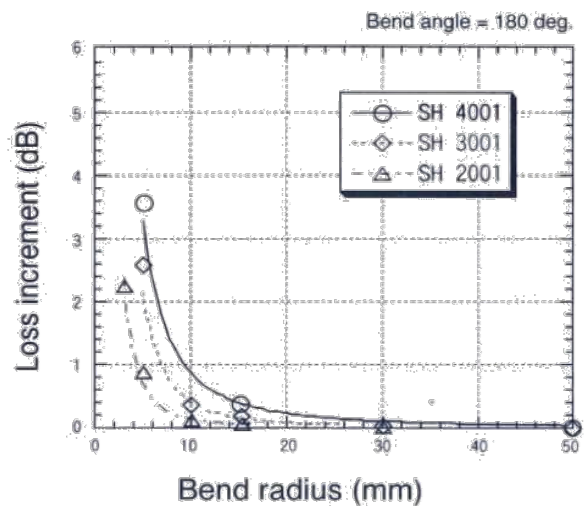
Typical Transmission Loss Spectrum Launch NA=0.1



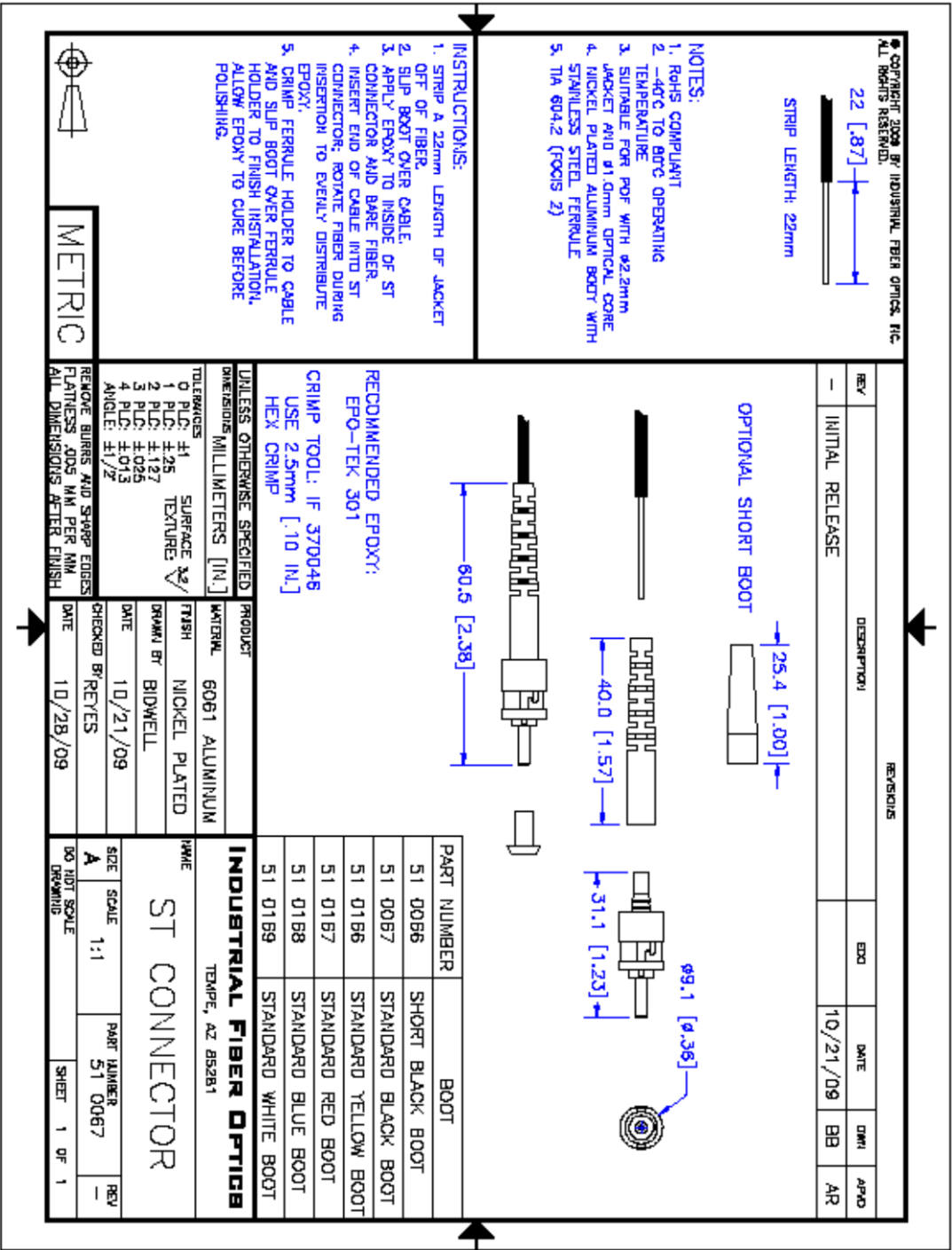
Tensile Characteristics: Cable



Bending Loss



III.2. Conector ST



Anexo IV: SOFTWARE UTILIZADO

En este anexo se mencionan los programas utilizados en el desarrollo de este proyecto. En la primera sección se explican las características de los principales bloques utilizados con la herramienta OptSim y en la segunda sección se detallan los casos en los que ha sido necesaria la otra de las herramientas (Matlab).

IV.1.- OptSim

El entorno de simulación OptSim ha sido la herramienta principal para el desarrollo de este proyecto. Se ha utilizado para realizar los esquemáticos de cada una de las simulaciones y para la adquisición de datos para su posterior análisis.

IV.1.1.- Ventana de simulación

La siguiente figura muestra la ventana principal de la herramienta:

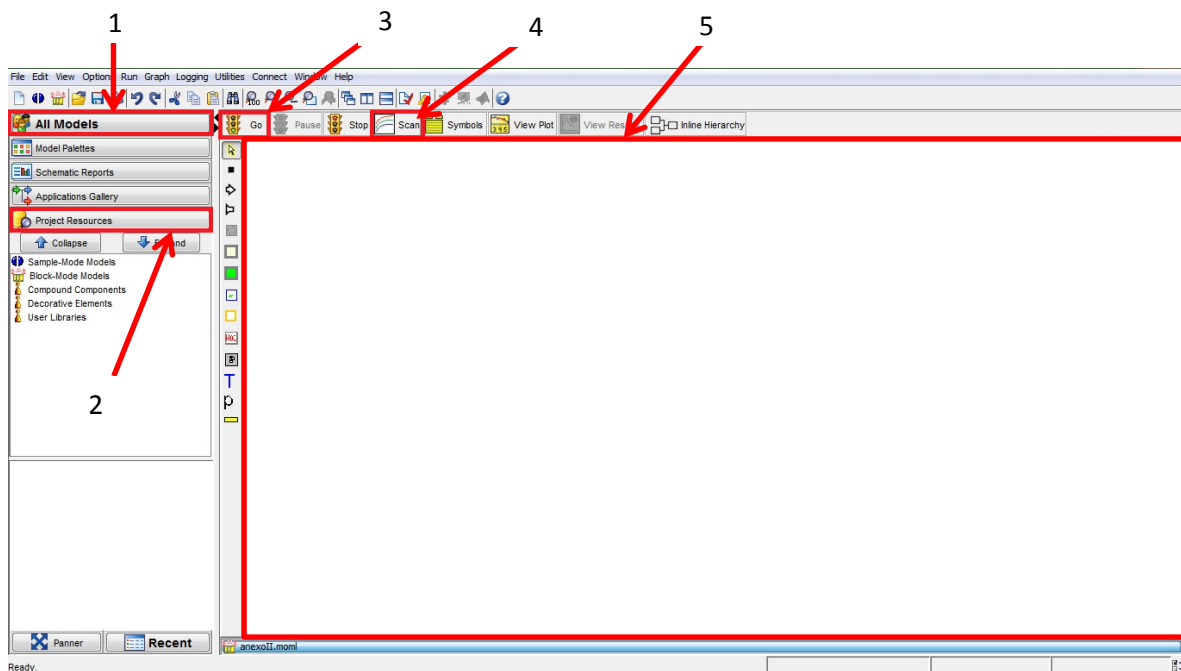


Figura IV.1.- Pantalla principal del programa.

1. Apartado que contiene todos los bloques que pueden utilizarse en la herramienta, la mayoría de ellos están divididos en dos grupos principales, *Sample-Mode Models* y *Block-Mode Models*, en función del modo de simulación en el que puedan utilizarse.
2. Apartado que contiene todos los parámetros definidos por el usuario, desde este punto cualquier modificación afecta a todos los bloques que lo contengan. Esta definición global permite un importante beneficio si existen un número elevado de bloques que usen el mismo parámetro.

3. Modo de ejecución simple: permite simular el esquemático deseado el número de iteraciones deseado con los parámetros que están definidos en el punto 2.
4. Modo de ejecución iterativo: la diferencia con el punto anterior es que en este modo la ejecución no se realiza con todos los parámetros del punto 2 sino que permite barrer hasta dos de ellos, para ello hay que seleccionar dentro de este modo el parámetro o parámetros e indicar sus valores inicial y final que se desean simular. Este modo es muy beneficioso si se desean analizar parámetros que contengan muchos parámetros porque el tiempo de simulación respecto al modo simple se reduce considerablemente.
5. Ventana sobre la que se diseñan los esquemáticos.

IV.1.2.- Bloque utilizados en el proyecto

Por último, en este apartado se hace un recorrido por los principales bloques utilizados en los distintos apartados de este proyecto centrándose en sus características:

- PRBS: es un generador de secuencias binarias. Consta de una salida de tipo lógico y no tiene entradas. Permite generar una secuencia definida ya en la herramienta o leer de un archivo una definida por el usuario; en el primer caso debe definirse el tamaño de la secuencia en número de bits.

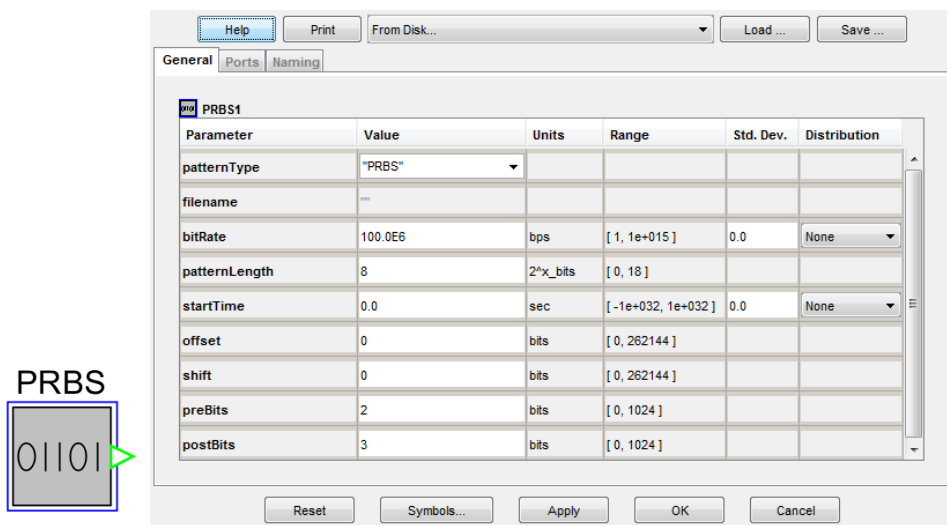


Figura IV.2- Icono y bloque de parámetros del bloque PRBS.

Los parámetros principales de los mostrados en la Figura IV.2 son la tasa de transmisión, denominada *bitRate* en el bloque, y la longitud de la secuencia o *patternLength*. El primero de ellos permite crear

- Modulador NRZ: está compuesto por un generador de señal eléctrica, un láser continuo, un modulador y un normalizador óptico. El generador eléctrico tiene una entrada lógica, en este proyecto la salida del PRBS, que es convertida a eléctrica a partir de los parámetros definidos por el usuario, algunos de estos son el voltaje mínimo y el máximo de la señal, el tipo de modulación y los tiempos de subida y bajada de los pulsos. El láser es el encargado de generar la señal continua que entrará al modulador, la principal característica de este bloque es la potencia de pico. El modulador utilizado es de tipo

Mach-Zehnder, hay disponibles otros tres tipos: ideal, de amplitud y de fase. Por último el normalizador óptico permite evitar que los niveles de potencia que llegan al canal estén en rangos no superiores a la potencia transmitida.

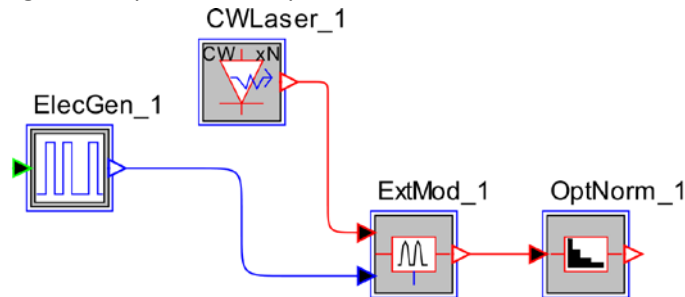


Figura IV.3.- Diagrama de bloques del modulador NRZ.

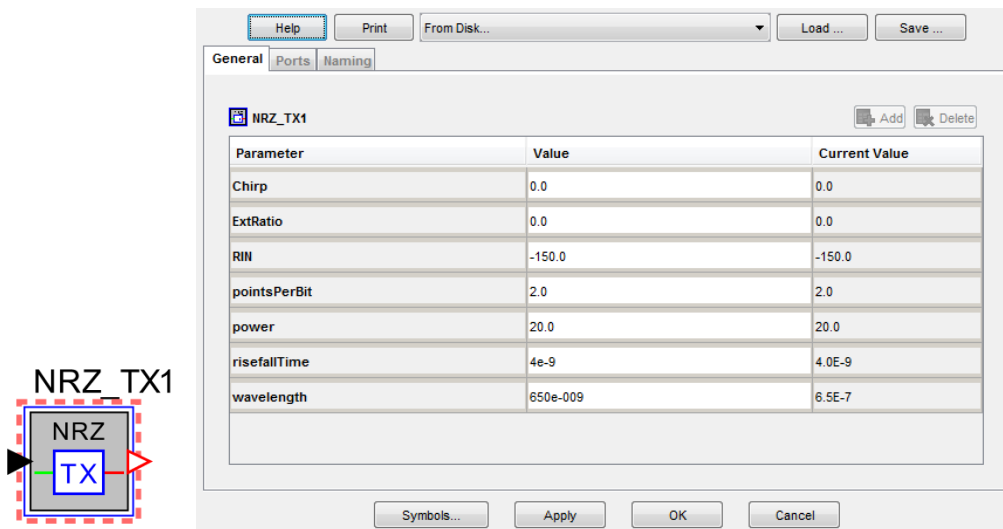


Figura IV.4- Icono y bloque de parámetros del bloque NRZ

Los parámetros más importantes de este bloque son la potencia, aquí denominada como *power*, los puntos por bit (*pointsPerBit*) con los que la señal eléctrica es generada a partir de la señal binaria inicial y el tiempo de subida y bajada de los pulsos (*riseFallTime*) que se calculan a partir de la tasa de transmisión.

- Optical Filter: este bloque es el más importante de todos los utilizados en este proyecto porque es el que ha permitido la integración del modelo POF en la plataforma de simulación. Tanto su entrada como su salida son señales ópticas. Para poder introducir nuestro modelo hay que elegir el tipo de filtro, *type* en la Figura IV.5. Existen tipos ya definidos en el software pero en este proyecto se ha utilizado el denominado *Custom1*, existen otros filtros *custom* pero el número uno es el único que permite aplicar la respuesta del filtro tal y como el programador se la suministra al bloque sin necesidad de utilizar otros parámetros. El siguiente parámetro es el nombre del archivo, *filename*, y la ruta en la que se encuentra. El resto de parámetros que aparecen en la Figura IV.5 no se utilizan en este tipo de filtro porque todo lo necesario para su definición debe estar contenido en el archivo *filename* que contiene los valores de su respuesta frecuencial. Para una mayor comprensión de la definición de esta respuesta se ha añadido un ejemplo en el apartado 2 del Anexo V.

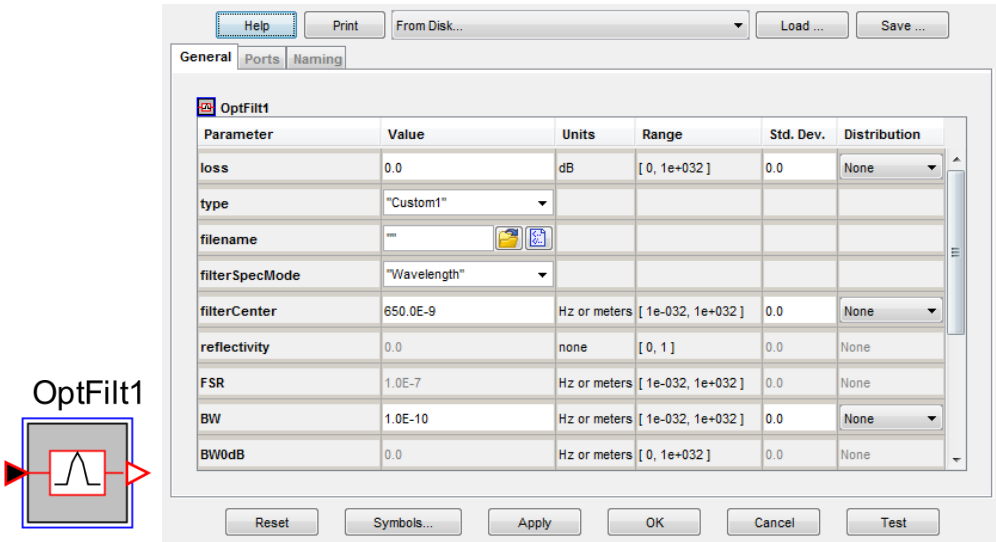


Figura IV.5- Icono y bloque de parámetros del bloque Filtro óptico.

- Receptor: como se ha explicado en el Capítulo 4, se encarga de la conversión opto-eléctrica y está formado por otros tres bloques: un fotodetector, un amplificador de transimpedancia y un filtro. El fotodetector es la causa del ruido de este bloque, viene introducido por la corriente de oscuridad. Los otros dos elementos no afectan ni a la forma ni a la amplitud de la señal en este proyecto, el filtro utilizado es un paso bajo ideal aunque hay disponibles otros como Butterworth y Chebychev.

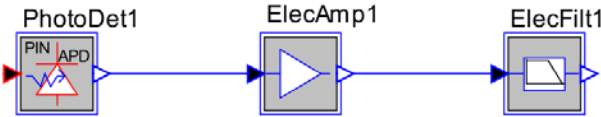


Figura IV.6.- Diagrama de bloques del receptor.

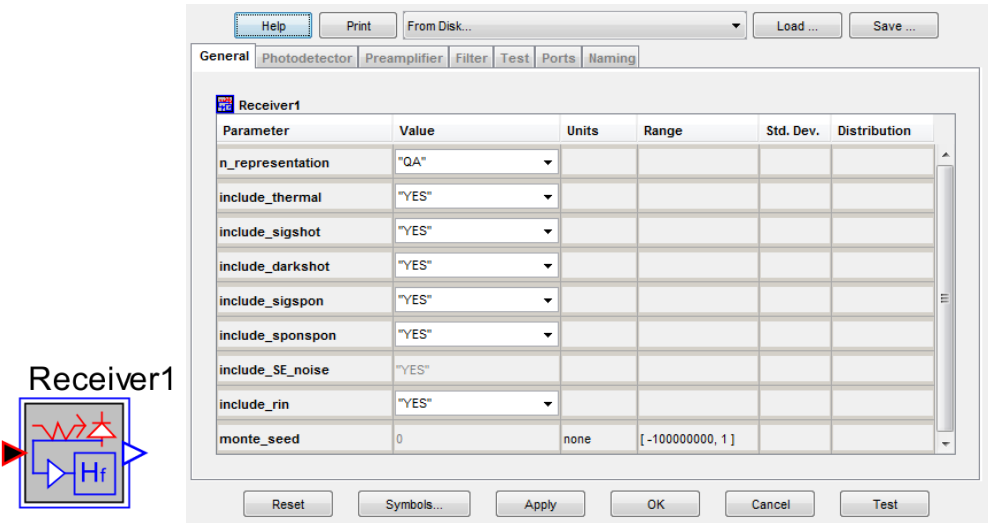


Figura IV.7- Icono y bloque de parámetros del bloque Receptor.

En este bloque el parámetro más importante es el ruido y las pestañas de habilitación que aparecen en la Figura IV.7. De todos los que aparecen en este proyecto se modifica el relacionado con el pre-amplificador en función de la tasa de transmisión y a partir de datos obtenidos previamente.

- BER: este bloque ha sido el utilizado para evaluar las prestaciones de los sistemas de comunicaciones utilizados. Está formado por dos entradas, la primera es eléctrica y se corresponde con la salida del receptor y la segunda es la señal binaria que genera el PRBS. Permite la introducción de dos tipos de esquemas FEC basados en códigos Reed-Solomon y un tipo definido por el usuario en un documento de texto. También tiene la posibilidad de añadir una máscara para el diagrama de ojo junto a los valores de esta.

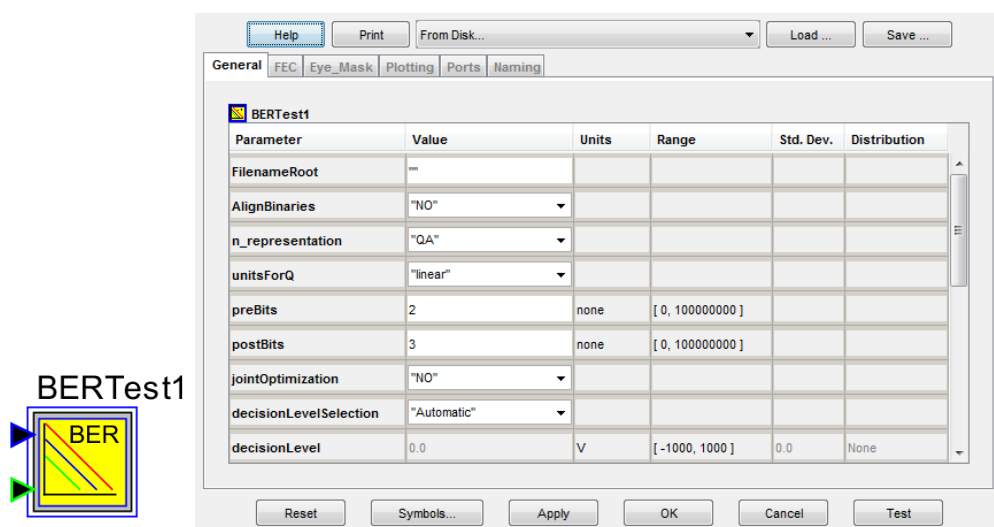


Figura IV.8- Icono y bloque de parámetros del bloque BER.

Los parámetros más importantes de este bloque en este proyecto han sido la opción de tener un BER junto con FEC y el tipo de código utilizado. Otro parámetro importante es el tipo de representación utilizada, existen dos opciones: la representación quasi-analítica (QA) y la representación Monte-Carlo (MC); la primera de ellas ha sido utilizada en la parte de ecualización y la segunda en la obtención de resultados del diseño THP.

IV.2.- Matlab

Esta herramienta ha sido imprescindible en el desarrollo del proyecto para poder integrar el modelado de la fibra y del resto de elementos que constituyen los distintos canales usados en las diversas simulaciones. También ha sido parte fundamental en la segunda parte del proyecto para el diseño del codificador y del decodificador del precodificador Tomlinson-Harashima. A continuación se detallan las aplicaciones en las que se ha utilizado.

IV.2.1.- Generación de matrices

La generación de las matrices se realiza a partir de un conjunto de funciones obtenidas con el modelo matricial de la fibra. Para generar una de estas matrices es necesario introducir dos parámetros: el conjunto de ángulos de entrada a la fibra que tendrá cada rayo de luz y el rango de frecuencias de trabajo, en este caso debe introducirse la frecuencia inicial, la frecuencia final y el paso entre frecuencias, todas ellas definidas en MHz. Si se desea cambiar alguno de los parámetros anterior es necesario volver a generar estas matrices.

IV.2.2.- Construcción del canal

El canal ha sido construido a partir del archivo *.TXT que contiene su configuración. Desde Matlab se lee cada uno de los elementos y sus características en un bucle que finaliza cuando se ha leído todo el archivo de texto. El formato utilizado para definir el sistema de comunicaciones es el siguiente:

F:GH:20

C:STp_GH:0:0

F:GH:50

R:25

El primer carácter define el elemento (F: fibra, C: conector, R: receptor); el siguiente es, en el caso de la fibra y el conector el modelo utilizado, y en el caso del receptor el ángulo, en grados, a la salida de la fibra. Por último la fibra y el conector tienen otros elementos que en el primer caso representa su longitud en metros y en el segundo el desalineamiento en micras, el primero es el desalineamiento axial y el segundo el longitudinal.

IV.2.3.- Diseño del codificador y decodificador THP.

Tanto el diseño del codificador, como el del decodificador ha sido realizado en bloques de Matlab y posteriormente integrados en OptSim. Estos bloques contienen las ecuaciones derivadas de los diagramas mostrados en el Capítulo 2. En el bloque de Codificador también se incluye la estimación de la respuesta frecuencial del sistema POF ya que es necesaria para realizar la codificación de la secuencia inicial de bits.

Anexo V: EJEMPLO DE ARCHIVOS *.DTA Y *.DAT

Este anexo consta de dos ejemplos utilizados en el proyecto, el primero de ellos se trata de un archivo *.DTA y contiene los parámetros de diseño de un bloque CCM y el segundo un ejemplo de cómo queda escrito un archivo *.DAT, en este caso se trata de la respuesta frecuencial de la fibra.

V.1. Ejemplo de archivo *.DTA

A continuación se muestra un ejemplo de un archivo *.DTA utilizado en el proyecto: puede observarse que las primeras líneas corresponden a los parámetros de obligada definición y el resto, los que empiezan con la palabra *PARAM*, son los que el usuario necesita para su modelo.

```
CodificadorModel
MODELNAME Codificador
ICONFILE matcosim.bmp
DLLFILE matcosimR2013a.dll
ENTRYNAMEROOT matcosim
FUNCTIONCODES E
MODELABBREV Codificador
TOOLTIP "Codificador code"
ICON MatlabCosimulationPlotIcon 0 0
NOTE Matlab Model 1
MININPUTS 2
MAXINPUTS 2
MINOUTPUTS 1
MAXOUTPUTS 1
NUMINEQNUMOUTNODES TRUE
NUMINPUTS 2
NUMOUTPUTS 1
INSIGTYPES BinsigType ElecsigType
OUTSIGTYPES ElecsigType
SORTEDPARAMETERS FALSE

PARAM MfileName StringType
GROUP General
VALUE Codificador
ENDPARAM

PARAM MfilePath StringType
GROUP General
VALUE .
ENDPARAM

PARAM SaveMatlabworkspace EnumType
GROUP General
VALUE No
FIELD No Yes
ENDPARAM

PARAM MatlabworkspaceName StringType
GROUP General
REQUIRES SaveMatlabworkspace:Yes
VALUE
ENDPARAM

PARAM RecalculateSystemFunction EnumType
Group General
VALUE No
FIELD No Yes
ENDPARAM

PARAM source_fwhm DoubleType
Group General
MINVALUE 1e-032
MAXVALUE 1e+032
VALUE 13.5
UNITS degrees
ENDPARAM

PARAM L DoubleType
Group General
MINVALUE 1
MAXVALUE 100
VALUE 4
ENDPARAM

PARAM outFile FileType
GROUP General
VALUE testFile
ENDPARAM

PARAM wavelength DoubleType
Group General
MINVALUE 0
MAXVALUE 1e+032
VALUE 650.0
STDEV 0
```

V.2. Ejemplo de archivo *.DAT

La siguiente figura se corresponde con un ejemplo de parte de un archivo *.DAT, en concreto de la respuesta frecuencial de la fibra.

TransferMatrixFormat1	AMP_PHASE_RAD	DB
1 1 401 6.499971813833956E-07	6.500028186166045E-07	
6.499971813833956E-07	18.573042782466011	16.172015392475760
6.499971954764786E-07	18.732043813062575	16.126965583333927
6.499972095695616E-07	18.891479022330312	16.081804134074254
6.499972236626446E-07	19.051350898437629	16.036530116712651
6.499972377557276E-07	19.211661953752007	15.991142591531627
6.499972518488107E-07	19.372414725191426	15.945640606902174
6.499972659418937E-07	19.533611774616659	15.900023199064124
6.499972800349768E-07	19.695255689213017	15.854289391924361
6.499972941280597E-07	19.857349081752240	15.808438196839328
6.499973082211427E-07	20.019894590967770	15.762468612393327
6.499973223142258E-07	20.182894881981007	15.716379624181265
6.499973364073088E-07	20.346352646719712	15.670170204577690
6.499973505003919E-07	20.510270604164454	15.623839312496756
6.499973645934749E-07	20.674651500779405	15.577385893164401
6.499973786865578E-07	20.839498111012134	15.530808877865830
6.499973927796409E-07	21.004813237639315	15.484107183692831
6.499974068727239E-07	21.170599712168187	15.437279713298103
6.499974209658070E-07	21.336860395209673	15.390325354625535
6.499974350588900E-07	21.503598177044548	15.343242980639648
6.499974491519729E-07	21.670815977967912	15.296031449059118
6.499974632450560E-07	21.838516748769088	15.248689602072947
6.499974773381390E-07	22.006703471090901	15.201216266053947
6.499974914312221E-07	22.175379158116669	15.153610251258534
6.499975055243051E-07	22.344546854782653	15.105870351535360
6.499975196173881E-07	22.514209638530875	15.057995344009434
6.499975337104711E-07	22.684370619521985	15.009983988769953
6.499975478035541E-07	22.855032941396445	14.961835028551642
6.499975618966372E-07	23.026199781588762	14.913547188387827
6.499975759897202E-07	23.197874352058765	14.865119175287418
6.499975900828032E-07	23.370059899604975	14.816549677878742
6.499976041758862E-07	23.542759706537481	14.767837366059092
6.499976182689692E-07	23.715977091265785	14.718980890623699
6.499976323620523E-07	23.889715408826710	14.669978882891204
6.499976464551353E-07	24.063978051366611	14.620829954327080
6.499976605482183E-07	24.238768448960016	14.571532696141578
6.499976746413013E-07	24.414090069999588	14.522085678897442
6.499976887343843E-07	24.589946421960018	14.472487452077756
6.499977028274674E-07	24.766341051974152	14.422736543682197
6.499977169205504E-07	24.943277547468309	14.372831459784349
6.499977310136335E-07	25.120759536835354	14.322770684076488
6.499977451067164E-07	25.298790690169646	14.272552677421155
6.499977591997995E-07	25.477374719848779	14.222175877379097
6.499977732928825E-07	25.656515381306878	14.171638697724445
6.499977873859655E-07	25.836216473786489	14.120939527949409
6.499978014790486E-07	26.016481840996470	14.070076732759976
6.499978155721315E-07	26.197315371953003	14.019048651543613
6.499978296652146E-07	26.378721001646625	13.967853597844508

Anexo VI: RESULTADOS DE ECUALIZACIÓN

En este documento se muestran los resultados de ecualización que complementan las gráficas mostradas en el apartado 4.2.1 del Capítulo 4. A continuación están representadas las curvas de BER para los dos tipos de ecualizadores utilizados en este proyecto, DFE y FFE, y para el caso sin ecualización.

VI.1.- Longitud de 10 metros

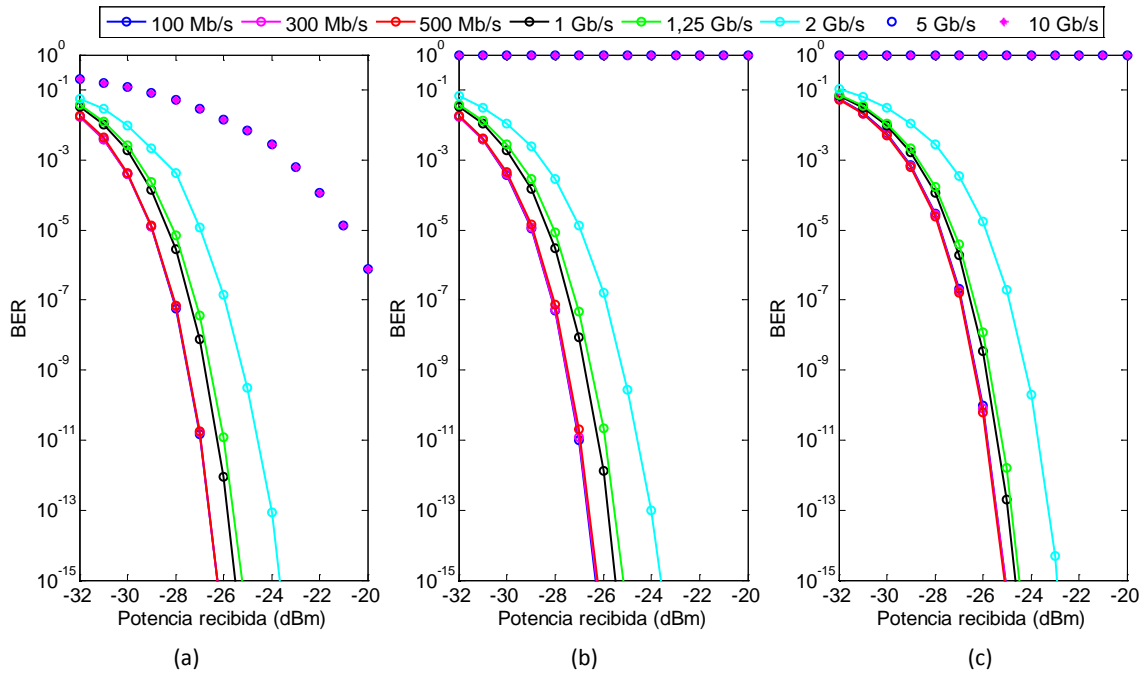


Figura VI.1.- Representación del BER con una fibra de 10 metros, en escala logarítmica y para tres situaciones: (a) usando el ecualizador DFE, (b) usando el ecualizador FFE y (c) sin ecualización.

VI.2.- Longitud de 25 metros

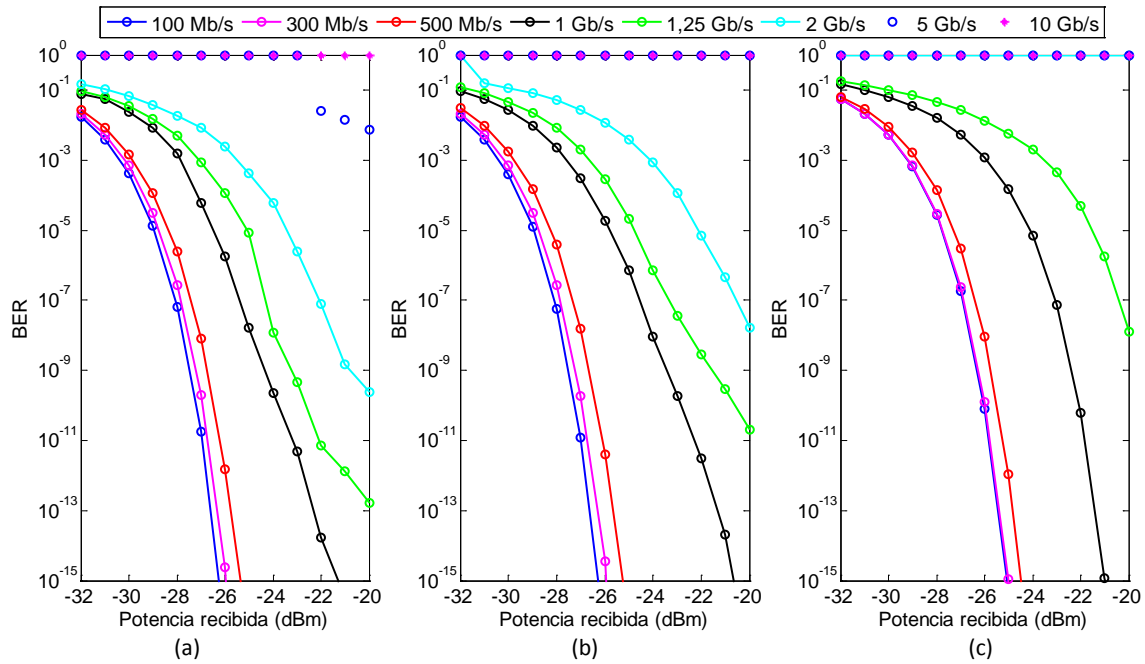


Figura VI.2.- Representación del BER con una fibra de 25 metros, en escala logarítmica y para tres situaciones: (a) usando el ecualizador DFE, (b) usando el ecualizador FFE y (c) sin ecualización.

VI.3.- Longitud de 75 metros

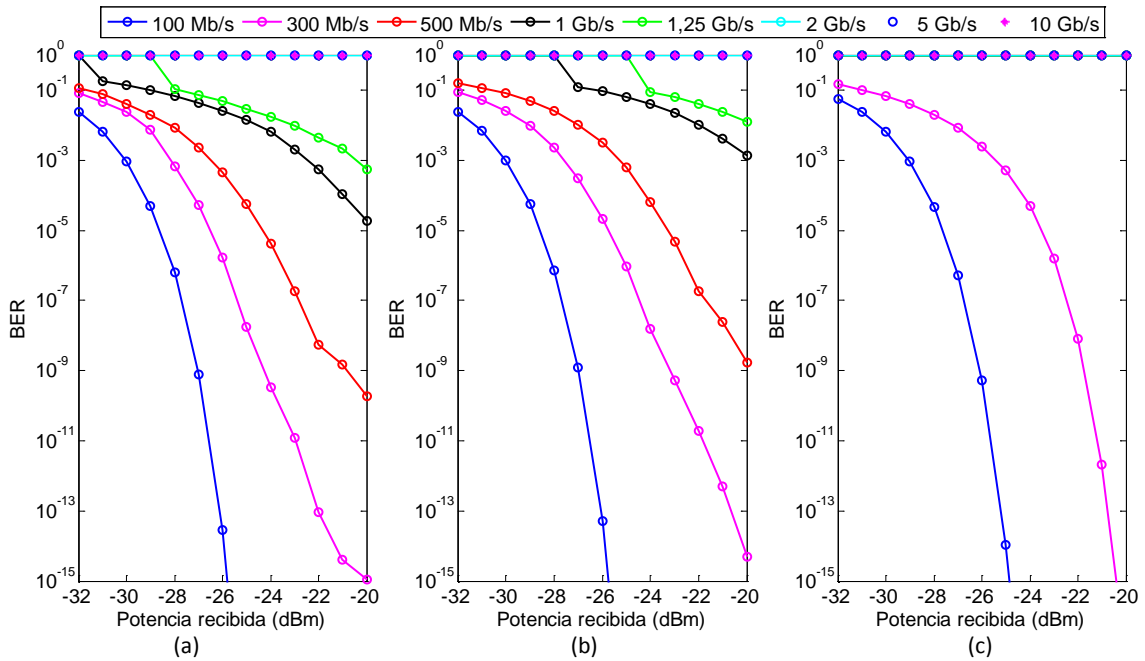


Figura VI.3.- Representación del BER con una fibra de 75 metros, en escala logarítmica y para tres situaciones: (a) usando el ecualizador DFE, (b) usando el ecualizador FFE y (c) sin ecualización.

VI.4.- Longitud de 100 metros

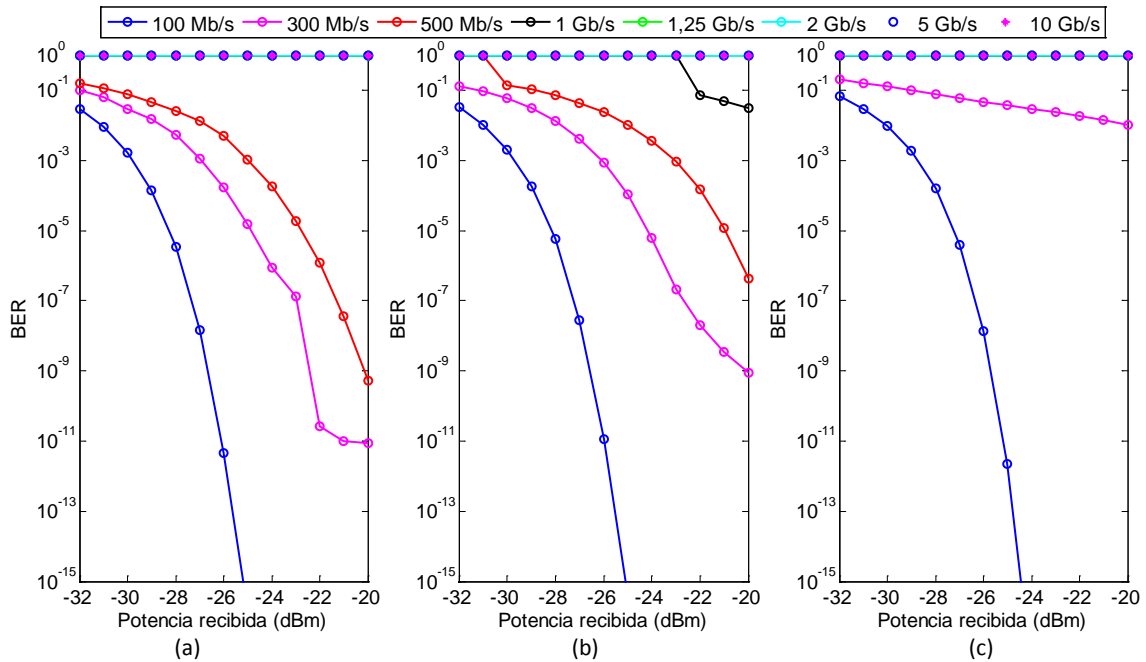


Figura VI.4.- Representación del BER con una fibra de 100 metros, en escala logarítmica y para tres situaciones: (a) usando el ecualizador DFE, (b) usando el ecualizador FFE y (c) sin ecualización.

VI.5.- Longitud de 200 metros

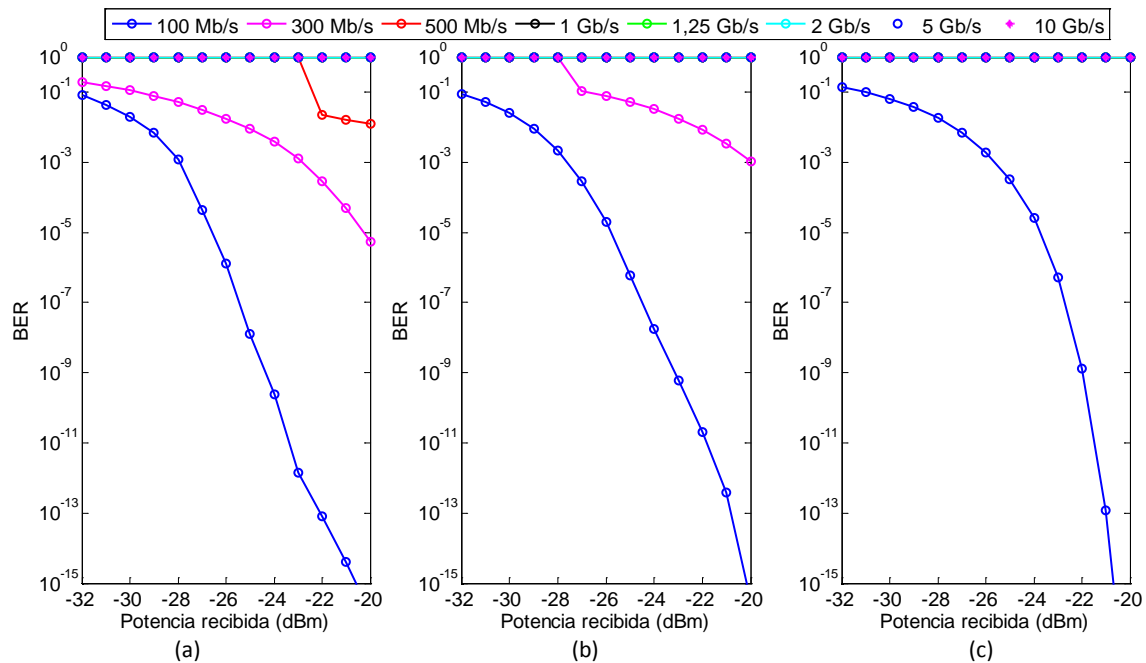


Figura VI.5.- Representación del BER con una fibra de 200 metros, en escala logarítmica y para tres situaciones: (a) usando el ecualizador DFE, (b) usando el ecualizador FFE y (c) sin ecualización.

VI.6.- Longitud de 300 metros

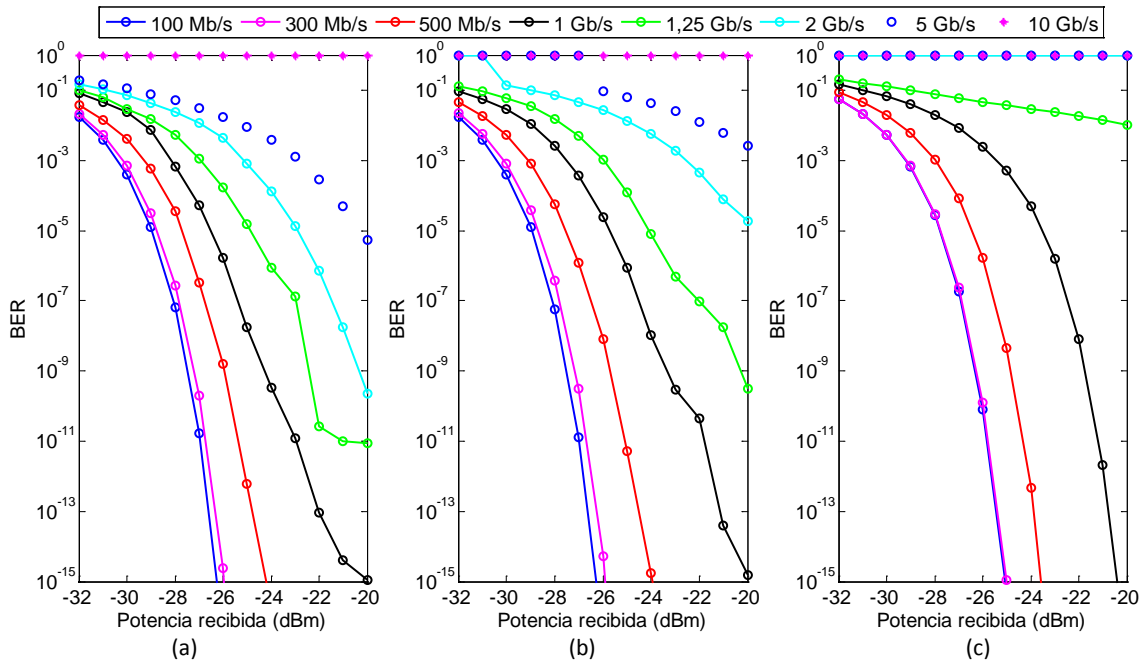


Figura VI.6.- Representación del BER con una fibra de 300 metros, en escala logarítmica y para tres situaciones: (a) usando el ecualizador DFE, (b) usando el ecualizador FFE y (c) sin ecualización.

VI.7.- Longitud de 400 metros

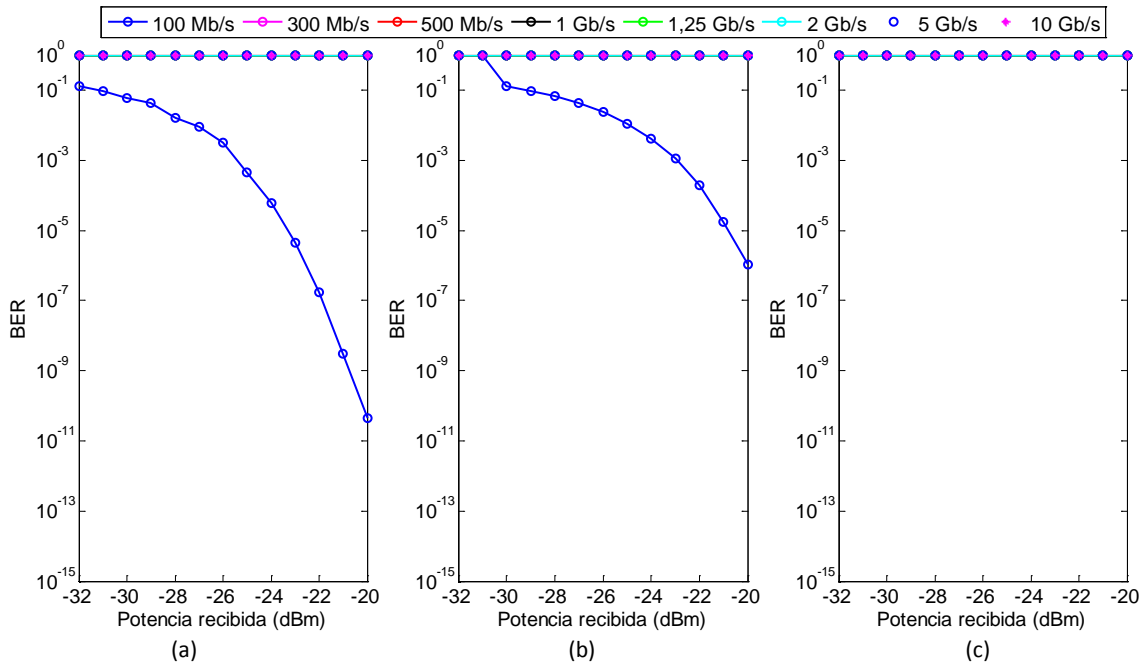


Figura VI.7.- Representación del BER con una fibra de 400 metros, en escala logarítmica y para tres situaciones: (a) usando el ecualizador DFE, (b) usando el ecualizador FFE y (c) sin ecualización.