

SECCIÓN DE AYUDA AL USUARIO

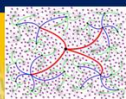
PON DESIGN SOFTWARE

IVÁN ALEXIS SANTOS QUICENO – FREDY ANDRES SANABRIA

UNIVERSIDAD DISTRITAL – FEBERO DE 2009



PON DESIGN SOFT

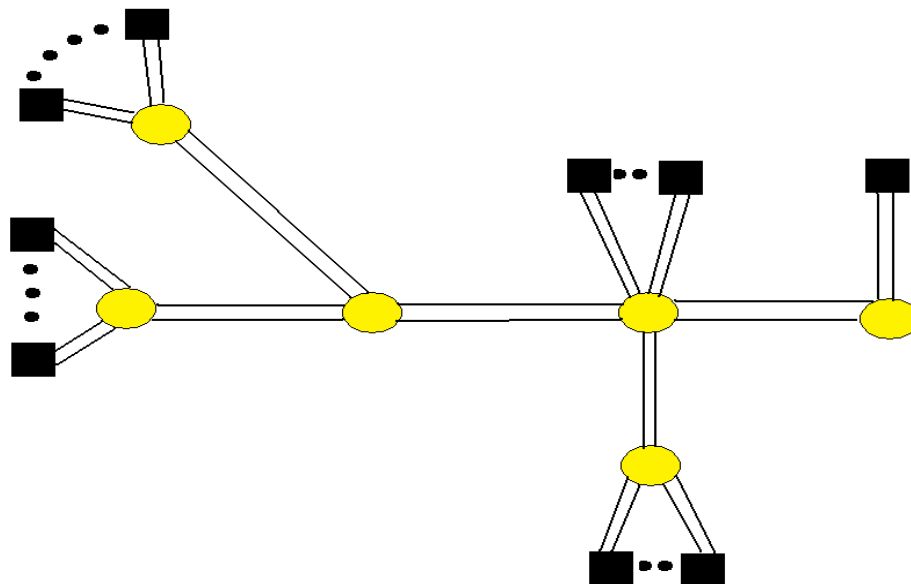


Software para el diseño de redes ópticas pasivas WDM

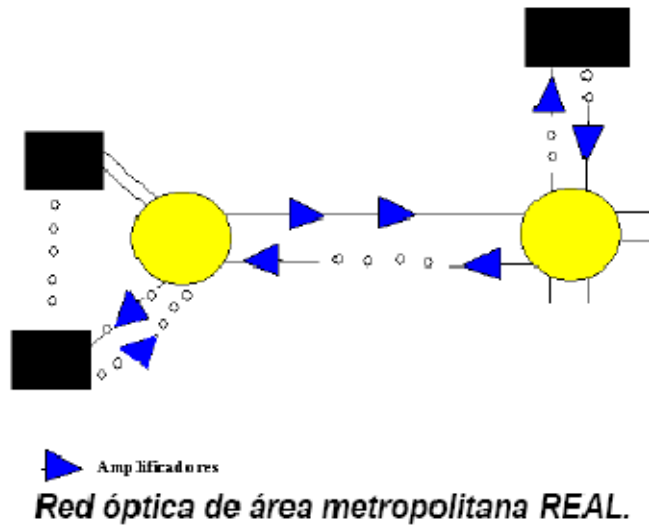
Diseño de redes ópticas pasivas

En general los niveles de potencia en la red son afectados por las pérdidas de las estrellas ópticas y por la atenuación de las señales a lo largo de los enlaces de fibra óptica. Surge entonces la necesidad de la amplificación óptica. El diseño de las redes PON se fundamenta en el cálculo de un mínimo número de amplificadores ópticos requerido y de su ubicación adecuada en los diferentes enlaces de la red, tomando como base los presupuestos de potencia necesarios para el ejercicio de detección de las señales.

En las siguientes figuras se ilustra la arquitectura de este tipo de redes:



■ Estaciones
● Acopladores de estrella
— Fibra óptica
Red óptica de área metropolitana IDEAL.



Arquitectura de redes PON

Cada red consiste de N estaciones, M estrellas ópticas pasivas acopladoras, A amplificadores y W encales de fibra óptica. Este tipo de redes se conocen también como redes ópticas LAN/MAN. Cada estación se compone de un transmisor que opera con una única longitud de onda sobre su canal, y de un receptor o arreglo de receptores para recibir las señales provenientes de las otras estaciones.

Las estrellas ópticas pasivas son dispositivos que tienen múltiples puertos de entrada y de salida, su principal función es la de combinar la potencia de entrada a x puertos y dividirla en potencia de salida para x puertos. Son elementos que también generan pérdidas.

Los amplificadores ópticos compensan las pérdidas que sufren las señales al propagarse a través de las fibras ópticas y las estrellas.

Sobre PDS

PON DESIGN SOFTWARE en adelante PDS, es un software que permite diseñar redes ópticas pasivas por medio de enlaces de fibra óptica y con las facultades para:

- Analizar la consistencia y viabilidad de los diseños del usuario.
- Calcular una mínima cantidad de amplificadores ópticos en la red diseñada.
- Señalar la ubicación exacta de cada amplificador en la red.

-Efectuar análisis espectral para calcular el ancho de banda empleado para cada tramo de fibra óptica del sistema de comunicación.

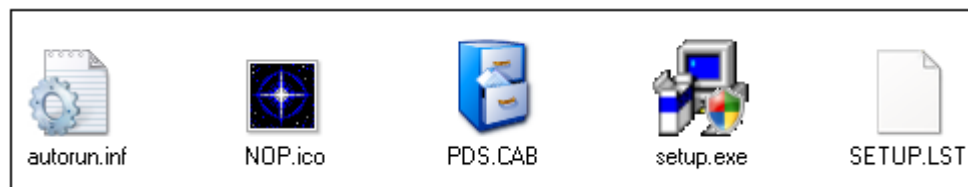
PDS se compone de dos módulos principales, el programa de diseño de red y el programa de análisis espectral.

Requerimientos

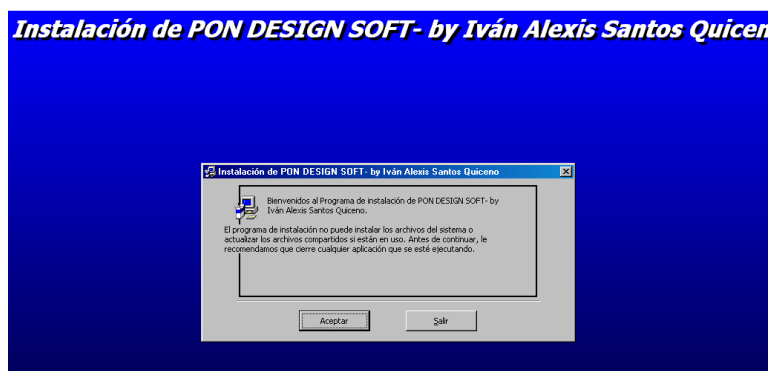
- Sistema operativo Windows (xp, vista, 7).
- Memoria RAM de 512 MBytes.
- Microsoft Office Excel.

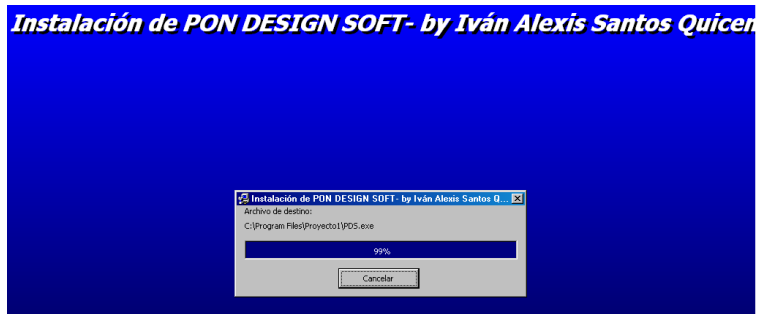
El requerimiento de Excel para Windows se debe a que por comodidad del usuario, PDS visualiza los resultados del modulo de diseño de red en una hoja de calculo, así el diseñador podrá realizar tratamientos complementarios como el trazo de graficas, presentación de informes, análisis estadístico, entre otros. Es necesario aclarar que los algoritmos y cálculos de PDS en ningún momento utilizan las herramientas de Excel, simplemente lo emplea para mostrar resultados.

Instalación del software



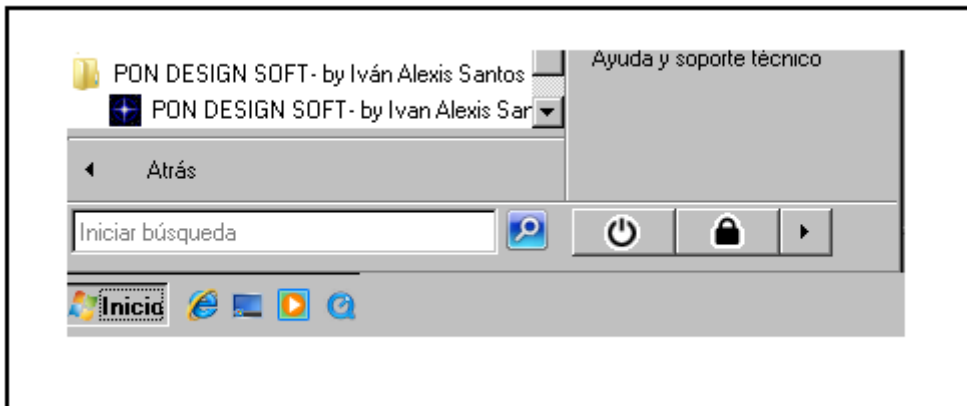
Elementos de la carpeta de instalación de PDS.





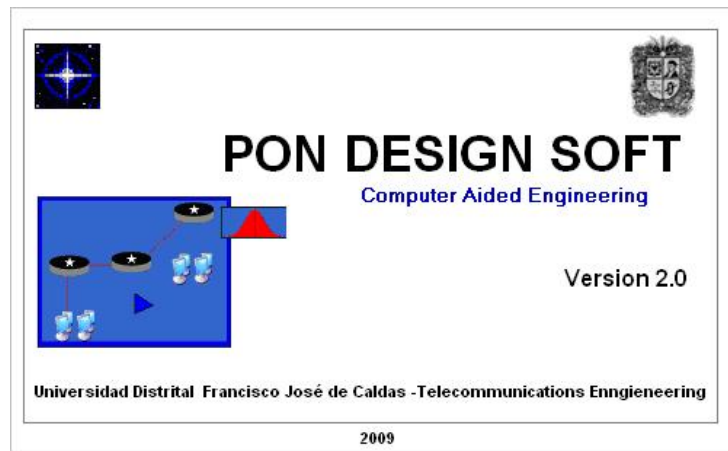
Instalación de PDS.

El asistente de instalación guiará el usuario en los pasos de configuración. Si se elige la opción estándar, el programa se instalará entre los del entorno de la tecla de inicio de Windows, como se muestra a continuación.



Iniciando el software

Al ejecutar el programa instalado, se encontrarán las siguientes secuencias en la pantalla:



Pantalla inicial de PDS.

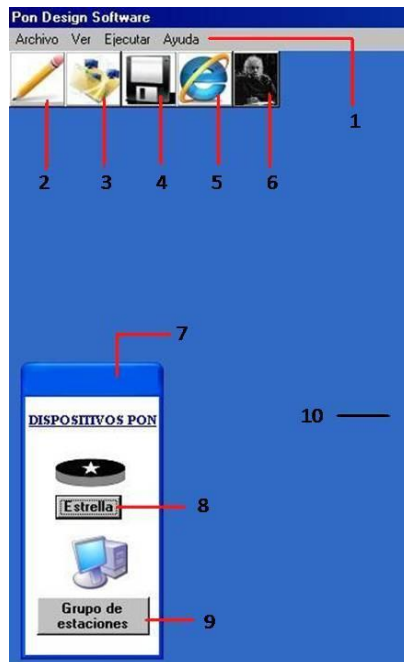


Pantalla introductoria.

La contraseña previamente suministrada al usuario permitirá la activación de los recursos del software.

Utilizando PON DESIGN SOFTWARE

Modulo de diseño de red



Pantalla de modulo de diseño de red.

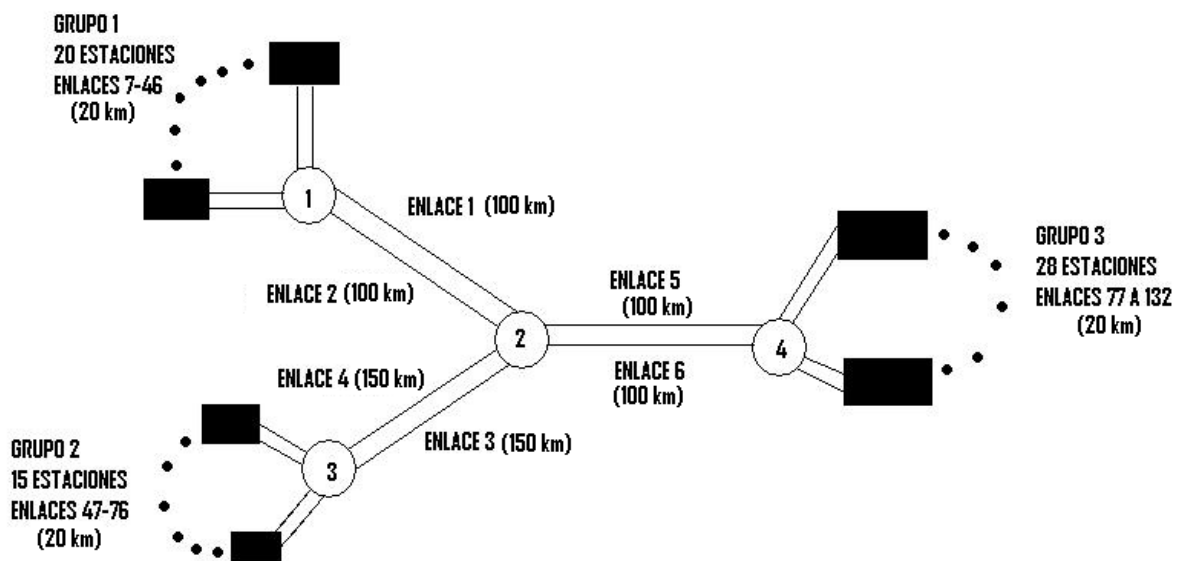
El modulo de diseño de red se encuentra en la ventana principal de PDS, a continuación se describen los componentes del mismo.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
1	Menú
2	Nuevo diseño
3	Abrir diseño
4	Guardar diseño
5	PDS en Internet
6	Ejecutar algoritmo entero lineal
7	Ventana de dispositivos de red
8	Agregar una estrella a la red
9	Agregar un grupo de estaciones a la red
10	Área de trabajo

Componentes del modulo de diseño de red.

Diseñando una red óptica pasiva con PDS

Para efectos prácticos utilizaremos un clásico ejemplo de red PON, a continuación se muestra el diagrama esquemático.



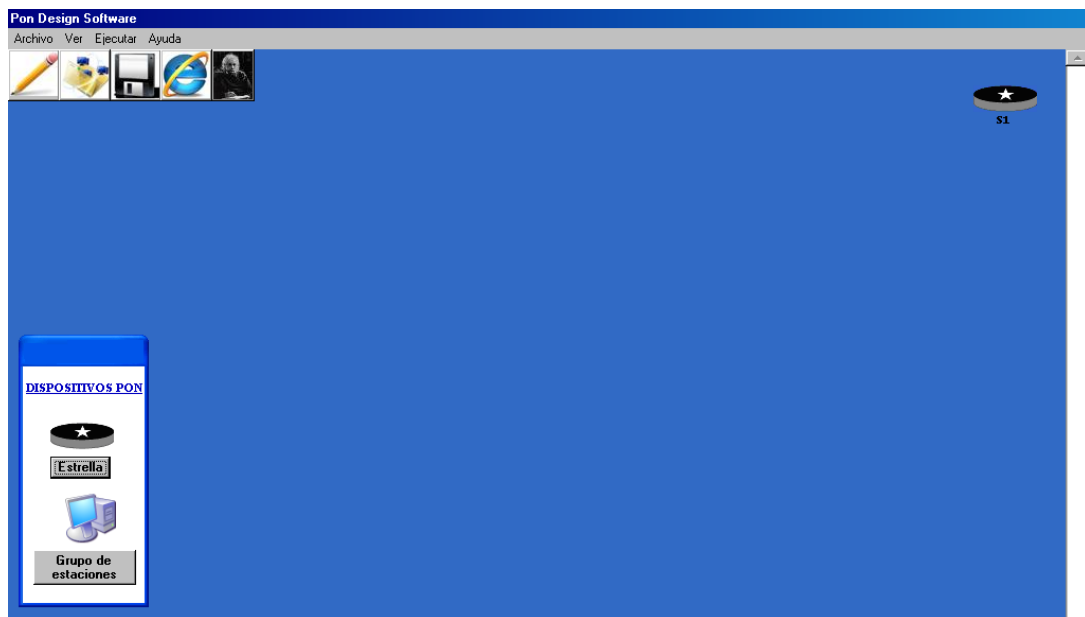
Ejemplo de red PON.

Datos técnicos de los dispositivos empleados en el diseño de red:

Pmax	0 dBm
Psen	-30 dBm
A	0.2 dB/km
PNONLINMAX	10 dBm
Gmax	20 Db
Psat	1.55 dBm

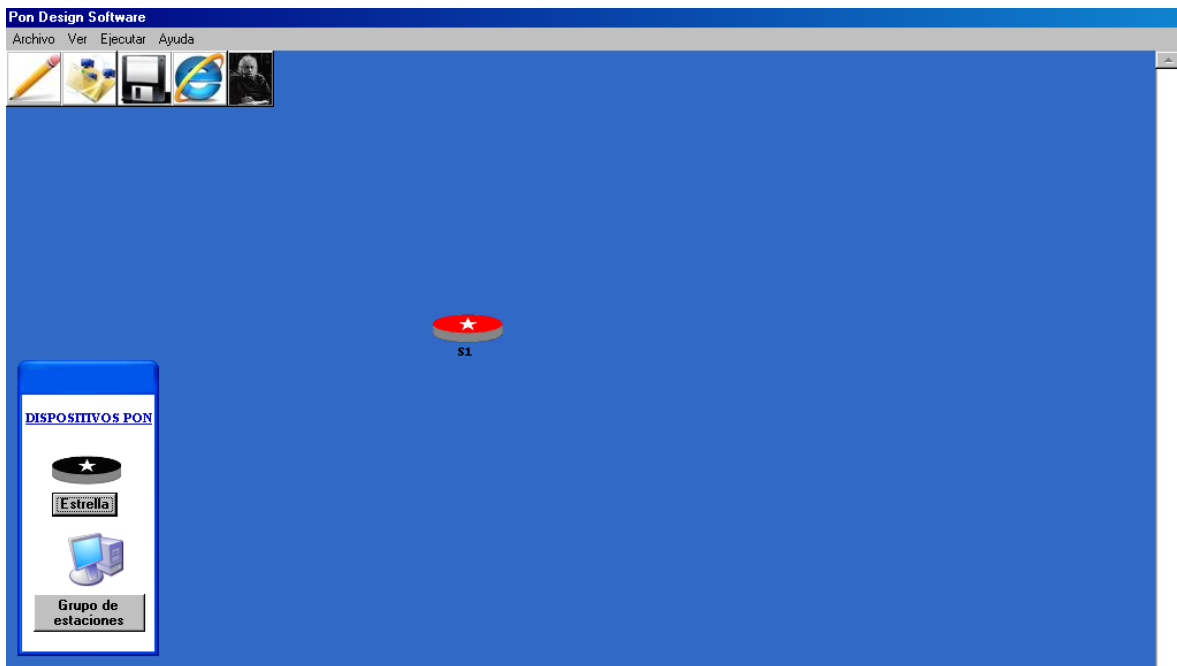
Datos técnicos de la red de ejemplo.

La red se compone de 4 estrellas ópticas y 3 grupos de estaciones. En el PDS se debe añadir estrellas ópticas, haciendo clic en el botón estrella, surgirá el dispositivo en la parte superior derecha como se muestra a continuación.



Entorno de diseño.

Se realiza entonces una vez click con el botón primario del ratón sobre la estrella, la misma cambiara a color rojo, se libera el botón y se mueve la estrella hacia el interior del área de trabajo.



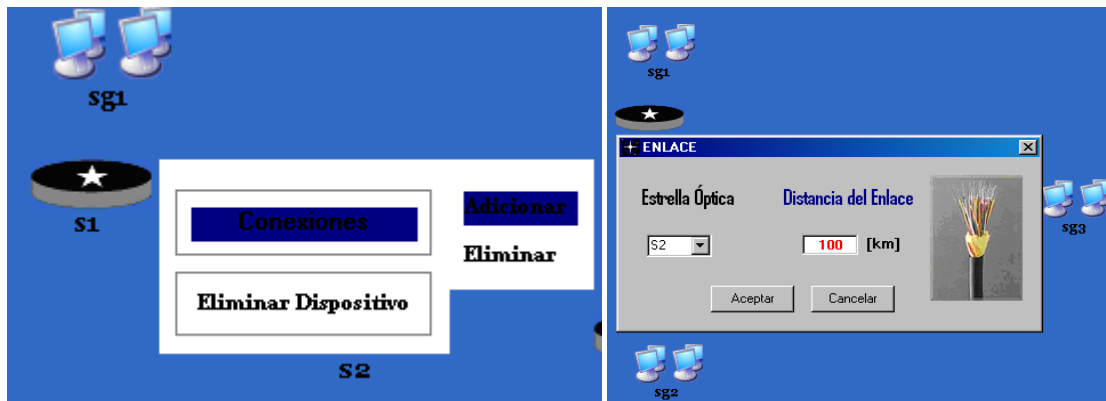
Desplazando una estrella.

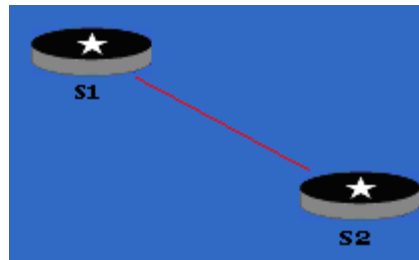
Una vez determinada su ubicación se procederá nuevamente ha hacer click con el botón primario del ratón. Se colocaran del mismo modo las 3 estrellas restantes y los grupos de estaciones.



Ubicando componentes de red.

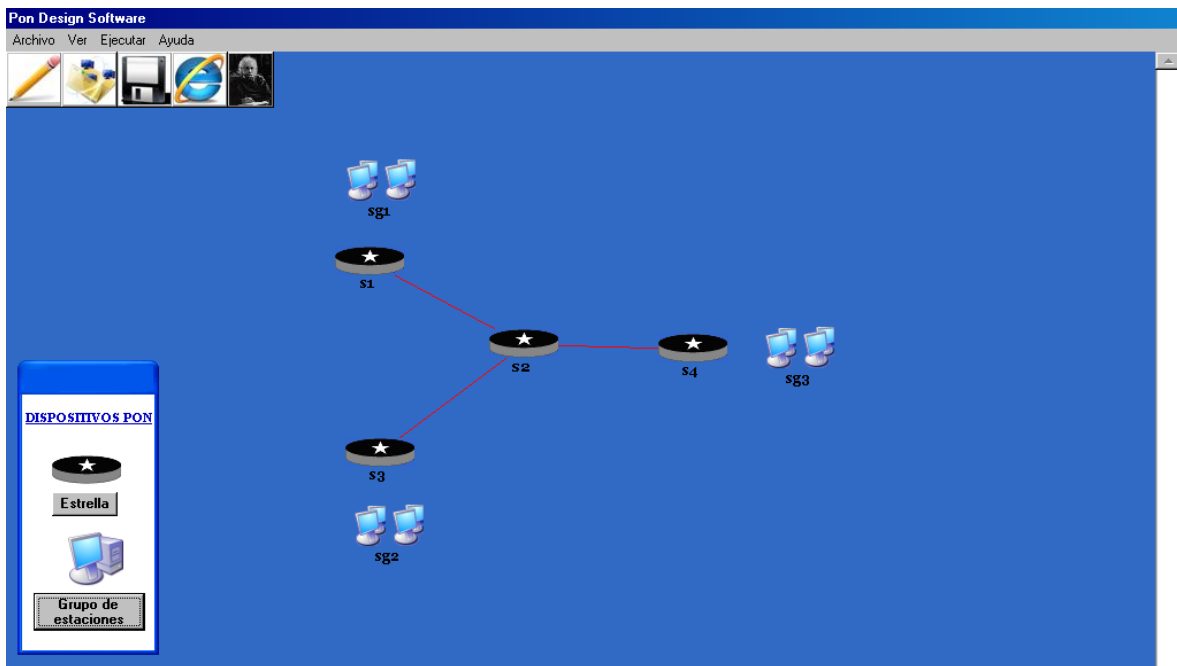
Lo indicado ahora es interconectar los dispositivos mediante enlaces de fibra óptica. Para tal fin debe presionarse con el botón secundario del ratón la estrella 1 (S1) y seleccionar en la ventana desplegada las opciones conexiones-adicionar. Seguidamente aparecerá la ventana ENLACE, se debe seleccionar estrella 2 (S2) e introducir la distancia que las separa, 100 km. Finalmente se hace click en el botón aceptar.





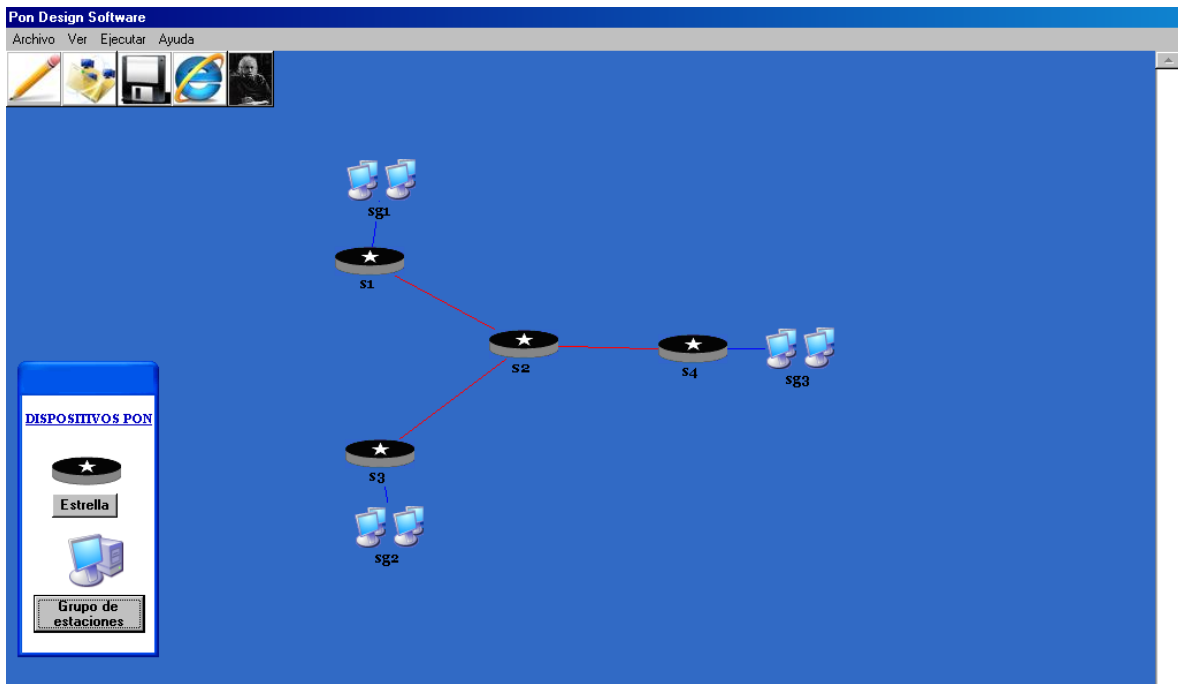
Interconectando las estrella ópticas.

Solo se visualiza un enlace, pero en realidad el programa lo adopta como un enlace doble, de S1 a S2 y de S2 a S4, por lo tanto no es necesario tratar de conectar S2 a S1, el programa ya lo hizo. De la misma forma se hace con las otras conexiones y de acuerdo a las distancias hasta terminar los enlaces entre estrellas, los cuales son de color rojo.



Enlaces entre estrellas.

Se procederá a realizar los enlaces de acceso, para esto se hace click en las estaciones y se conectan a las estrellas del mismo modo que se explico en los párrafos anteriores. Es necesario aclarar que un grupo de estaciones exclusivamente puede conectarse a una única estrella, el enlace solo puede realizarse del grupo de estaciones a la estrella y no al contrario, sin embargo el programa lo sigue tomando como un enlace doble. Los enlaces de acceso son de color azul.



Enlaces de acceso.

Ingresando el número de estaciones

Se realiza doble click sobre cada grupo de estaciones, se desplegará la siguiente ventana:

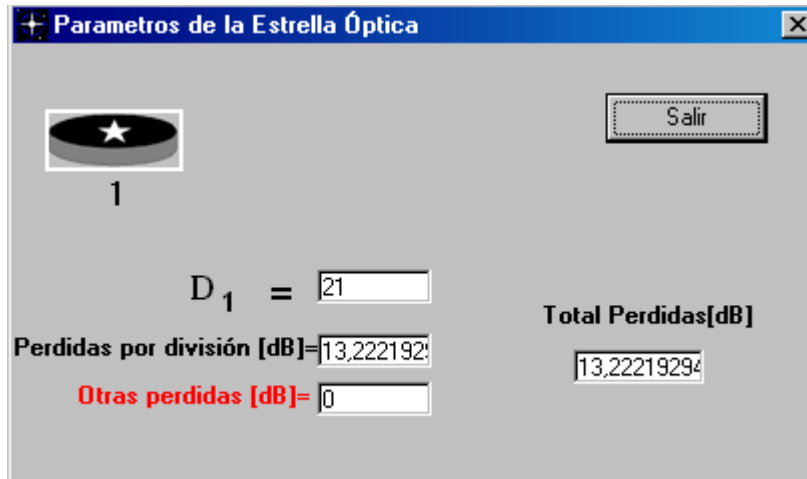
The screenshot shows a dialog box titled "Parametros del Grupo de Estaciones". It has a yellow background and a blue title bar. Inside, there is a section labeled "GRUPO DE ESTACIONES" with a blue square icon containing a computer monitor and tower. Below the icon is the number "1". To the right of the icon is a text input field labeled "Total Estaciones:" with the value "20". To the right of the input field are two more input fields: " $P_{sen}[dB]$:" with the value "-30" and " $P_{max}[dB]$:" with the value "0". At the bottom right, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Ventana de estaciones ópticas.

En la casilla de Total Estaciones se introduce el número de estaciones de cada grupo, de acuerdo al ejemplo que seguimos, para sg1 corresponden 20 estaciones. Se debe completar de esta forma para cada grupo de estaciones.

¿Cómo revisar el grado de cada estrella?

Haciendo doble click a cada estrella óptica se puede acceder a una útil ventana que almacena el grado de cada estrella y las perdidas que genera dentro de la red. A continuación se muestra el registro de la estrella 1.



Parametros de la Estrella Óptica

1

$D_1 = 21$

Perdidas por división [dB] = 13.222192

Otras perdidas [dB] = 0

Total Perdidas[dB] = 13.222192

Salir

Ventana de estrellas ópticas.

Solucionando la red

En su momento se explico que el proyecto se fundamenta en la metodología de optimización global para cumplir con el objetivo de diseño de la red. También, con anterioridad se describió los pasos de esta técnica, a excepción del algoritmo entero lineal, al finalizar esta sección se comentara sobre el método algorítmico que realiza PDS.

Para ejecutar el programa de solución de red se tienen 2 opciones, la primera consiste en hacer click sobre la opción Algoritmo Entero Lineal de la pestaña Ejecutar del menú y la segunda en oprimir el elemento 6, botón Algoritmo Entero Lineal.



Opciones para ejecutar la solución de red.

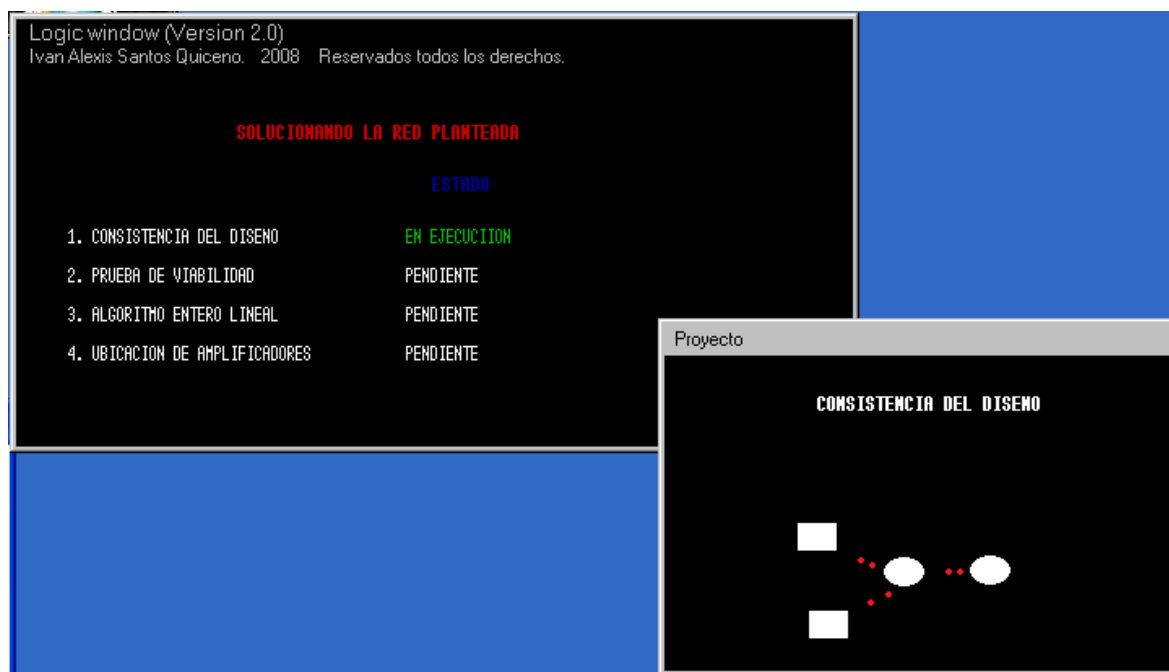
Después de ejecutar la solución de red se desalagara una ventana denominada “Logic Window” y en la que se le permite al usuario observar el estado del proceso de solución del programa. El proceso consiste de 4 procesos (metodología de optimización global).



Ventana de estado de solución de red.

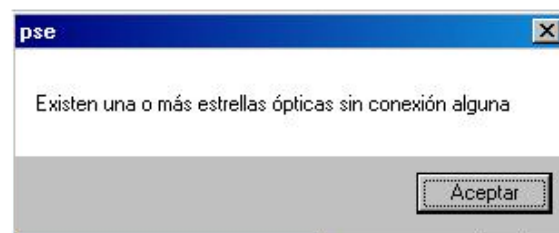
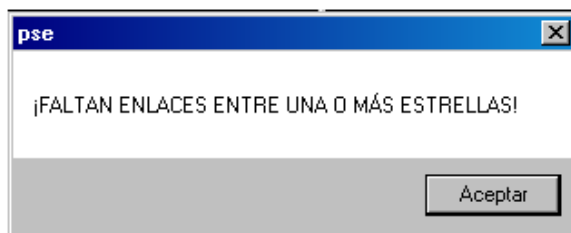
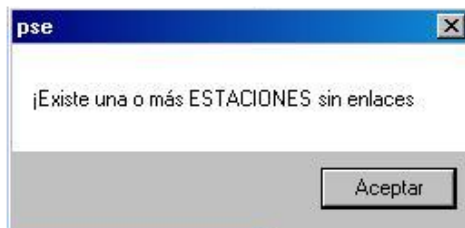
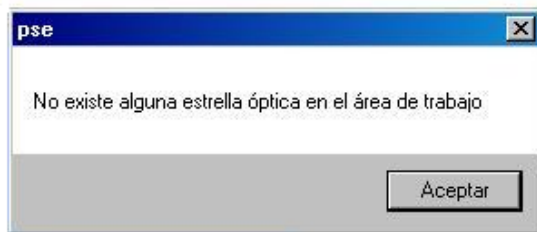
Consistencia del diseño

El programa analizará el diseño realizado por el usuario a nivel de las conexiones físicas con el fin de asegurar el normal desarrollo de proceso.



Ventana de consistencia de diseño.

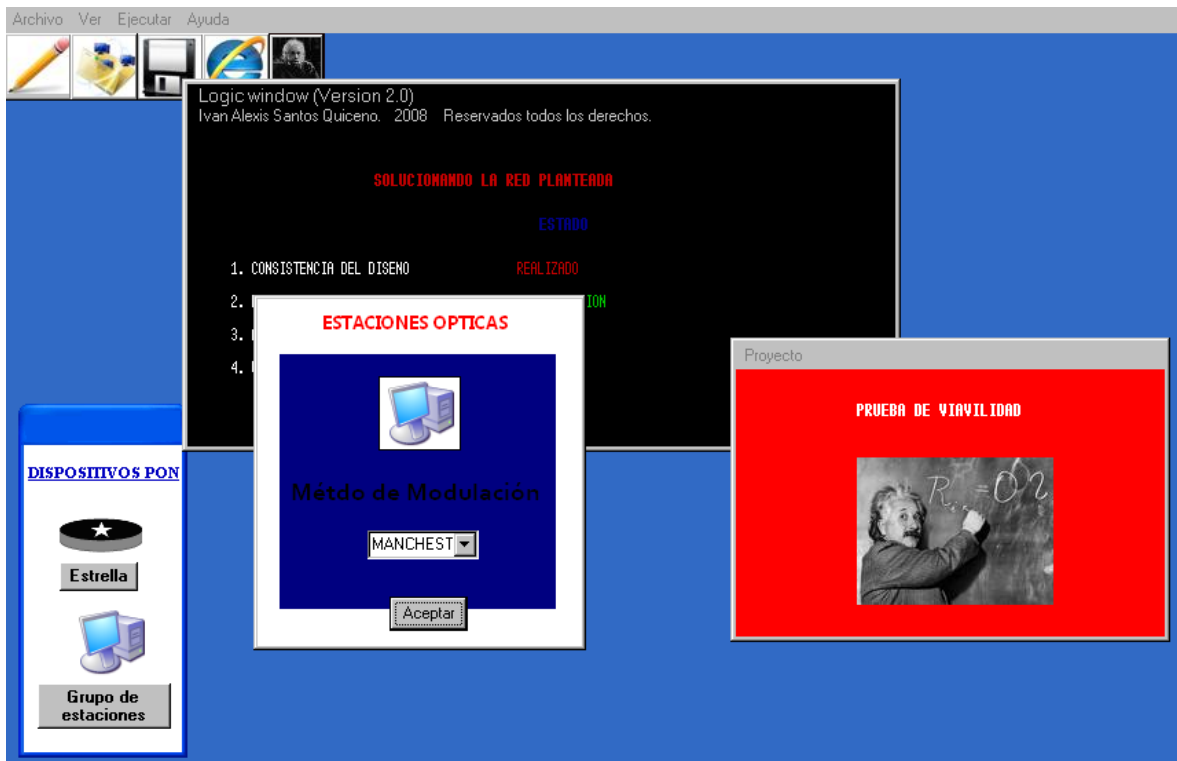
Si el diseño es correcto, es decir si ningún dispositivo se encuentra aislado, se procederá inmediatamente a aplicar la prueba de viabilidad. De lo contrario se visualizarán cualquiera de los siguientes problemas detectados:



Avisos de advertencia de PDS.

Entonces se requerirá corregir el diseño y ejecutar la solución de red nuevamente.

Prueba de viabilidad



Ventana de prueba de viabilidad.

Cuando el diseño sea consistente el programa realizará el primer paso del método de optimización global. Para esto es necesario ingresar los parámetros de los dispositivos. Se desplegaran entonces un conjunto de ventanas; de acuerdo a la red que tomamos como ejemplo se introducirán los valores.

Parámetros de los dispositivos

Estaciones ópticas

En esta opción se elegirá un esquema de modulación óptica en la cabecera de transmisión, se puede escoger entre NRZ, MANCHESTER, RZ, AMI y analógica.



Opciones para estaciones ópticas.

Amplificadores ópticos

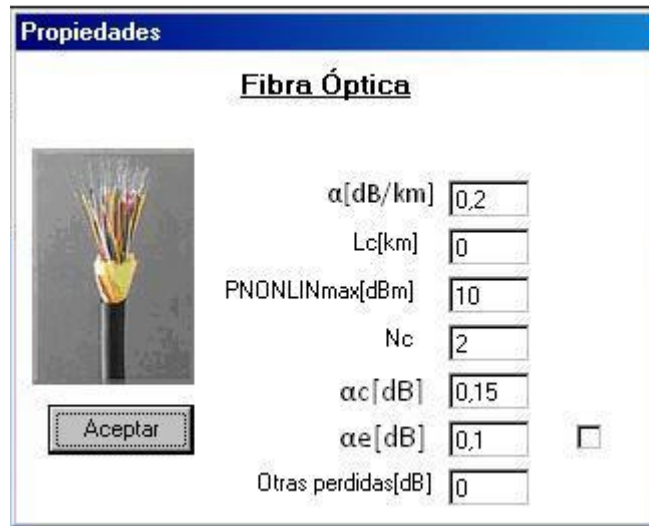
En la venta de amplificador el usuario asignará valores para la máxima ganancia de pequeña señal y potencia de saturación.



Parámetros de los amplificadores ópticos.


Fibra óptica

Mediante la ventana propiedades se estipulan los valores de la constante de atenuación de la fibra, la longitud de carrete de fibra, e número de conectores, las perdidas por conectores, perdidas por empalmes y otras adicionales



Propiedades

Fibra Óptica



α [dB/km]

L_c [km]

$P_{NONLINmax}$ [dBm]

N_c

α_c [dB]

α_e [dB]

Otras perdidas[dB]

☐

Parámetros para la fibra óptica.

Estrella óptica

Además de las perdidas por división inherentes a los acopladores ópticos, el diseñador puede ingresar el valor para otras perdidas.



Acoplador Óptico




Otras perdidas[dB]

☐

Ventana de acoplador óptica.

Niveles de potencia para amplificadores y estaciones.

En esta ventana se ingresaran los valores de sensibilidad y máxima potencia en la red.



The image shows a software window titled "Universales" with a blue header bar. The main area has an orange background. In the center, there is a small icon of chess pieces. Below the icon, there are two input fields. The first is labeled "Psen[dBm]" and contains the value "-30". The second is labeled "Pmax[dBm]" and contains the value "0". To the right of the "Pmax[dBm]" field is a small square checkbox. At the bottom of the window is a button labeled "Aceptar".

Parámetros de red.

Ventana de estandarización

PDS procura que los variables de la red sean consecuentes con las recomendaciones UIT-T, específicamente con las consignadas en la referencia UIT G.139, por lo que ha incluido un modulo de detección para indicar al diseñador los valores que se encuentren por fuera del estándar internacional. Ejemplo si se ingresará una ganancia máxima en pequeña señal de 26 dB para los amplificadores ópticos, se desplegara la siguiente ventana:

ADVERTENCIA - PON DESIGN SOTF



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

Seguir

Corregir

El valor ingresado está por fuera de las recomendaciones internacionales

PARÁMETRO	RANGO	VALOR SUGERIDO	VALOR INGRESADO
Gmax	≤ 25 dB	20 dB	27

Ventana de estandarización.

El usuario puede modificar los parámetros al presionar el botón corregir o dejarlos como están presionado seguir. El software permitirá el proceso de investigación al conceder al diseñador el trabajar por fuera de las recomendaciones UIT. Es oportuno recordar parámetros típicos sugeridos en la referencia UIT G.139.

El programa también dispone de una rápida ayuda para los diseñadores, cada ventana para el ingreso de parámetros cuenta con una pequeña caja de chequeo para restablecer los valores típicos de redes PON.

Psat[dBm]

1,55

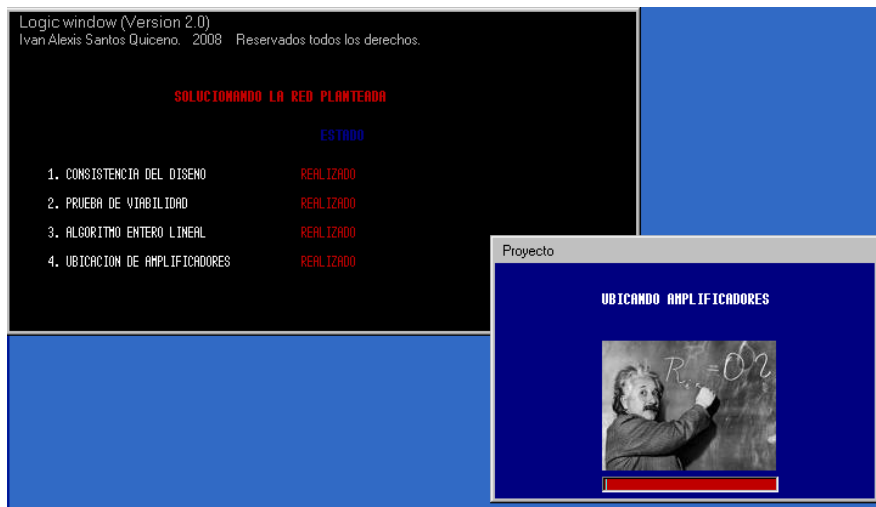
☒

Aceptar

Restablecimiento de valores.

ALGORITMO ENTERO LINEAL Y UBICACIÓN DE AMPLIFICADORES

Cuando el diseño es factible, es decir es posible ubicar los amplificadores en la red. PDS hace uso de sus algoritmos entero lineal y de ubicación de amplificadores, posteriormente mostrará los resultados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.



Ventana de ubicación de amplificadores.

REPORTE DE RESULTADOS EN HOJA DE CÁLCULO

El software generará eventualmente el reporte de la solución de la red en el programa de Microsoft Office Excel.

REPORTES.xlsx - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Complementos

Calibri 11 Fuente Alineación General Número Estilos Celdas

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

1

2 **PASSIVE OPTICAL NETWORK DESIGN SOFT**

3

4 By Iván Alexis Santos Quiceno

5

6 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS - TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING - 2009

7

8

9

10 **SOLUCIÓN A LA RED PLANTEADA**

11

12

13 1. Parametros de los dispositivos

14

15

16

ITEM	VALOR	UNIDADES	
Psen	-30	dBm	
Pmax	0	dBm	
Gmax	20	dB	
Psat	1,55	dBm	
OPEP	0	dB	
a	0,2	dB/km	
Lc	0	km	
PNONLINM			

17

18

19

20

21

22

23

Hoja1 Hoja2 Hoja3

Listo

100%

Reporte de resultados

El informe consta de cuatro secciones principales, las cuales son:

1. Parámetros de los dispositivos.
2. Resultados de los enlaces entre estrellas.
3. Resultados de los enlaces de acceso.
4. Potencias de salida de las estrellas ópticas.

Parámetros de los dispositivos

En la hoja de cálculo se genera una tabla en el que se muestran los valores asignados por los diseñadores.

1. Parametros de los dispositivos

ITEM	VALOR	UNIDADES
Psen	-30	dBm
Pmax	0	dBm
Gmax	20	dB
Psat	1,55	dBm
OPEP	0	dB
a	0,2	dB/km
Lc	0	km
PNONLINM		
AX	10	dBm
nc	2	
ac	0,15	dB
ae	0,1	dB
fop	0	dB/km

Fig. No 67. Reporte de parámetros de dispositivos

Resultados de los enlaces entre estrellas

En esta sección se muestra la cantidad de amplificadores en cada enlace entre estrellas de la red y la ubicación de cada uno de los amplificadores. Obsérvese el resultado del enlace en la dirección estrella 2 a estrella 1:

2. Enlaces entre estrellas			
2,2			
	Estrella No	a	Estrella No
	2		1
	Distancia(km)	100	
	#Amplificadores	2	
	Amplificador No	1	2
	Distancia respecto a la estrella (km)	28,09	96,4165772
	Ganancia del amplificador (dB)	13,6653154	14,382

Reporte de enlaces entre estrellas

Básicamente se crean dos tablas. En la primera de ellas se muestra la distancia del enlace y la cantidad de amplificadores del mismo; la segunda tabla es más específica, visualiza la distancia respecto de la estrella 2 de cada amplificador y su ganancia.

Resultados de los enlaces de acceso

En esta parte se encuentra la solución de los enlaces entre las estaciones ópticas y los acopladores pasivos en cada dirección. La estructura es similar a la anterior. Obsérvese el resultado los enlaces entre la estrella 1 y el grupo de estaciones 1.

Primero se reporta la solución en la dirección estrella-grupo de estaciones y después de la forma opuesta. La presentación de los resultados se interpreta de la misma forma que en los enlaces estrellas

3. ENLACES DE ACCESO

3,1

Estrella No	a	Grupo de estaciones No
1		1
Distancia(km)	20	
#Amplificadores/enlace	1	
#Enlaces	20	
Amplificador No	1	
Distancia respecto a la estrella (km)	3,27507744	
Ganancia del amplificador (dB)	3,34498451	
Grupo de estaciones No	a	Estrella No
1		1
Distancia(km)	20	
#Amplificadores/enlace	0	
#Enlaces	20	

Reporte de enlaces estación-estrella

Simplemente se incluye una casilla en las tablas, #enlaces para indicar el número de estaciones que tiene cada grupo de estaciones, para este caso se requiere de 1 amplificador por enlace, como son 20 estaciones se requerirá un total de 20 amplificadores para los enlaces entre la estrella 1 y el grupo de estaciones.

En la parte final de esta tercera sección se visualiza el resultado del Algoritmo Entero Lineal, el objetivo de diseño de las redes ópticas pasivas.

Número total de amplificadores de la red	77
---	-----------

Respuesta de función objetivo.

Potencias de salida de las estrellas ópticas

Es de gran utilidad conocer la potencia de salida en cada acoplador óptico, estos resultados son la simulación del comportamiento de la red y de su presupuesto de potencia. En la última sección del informe se reportan estas magnitudes.

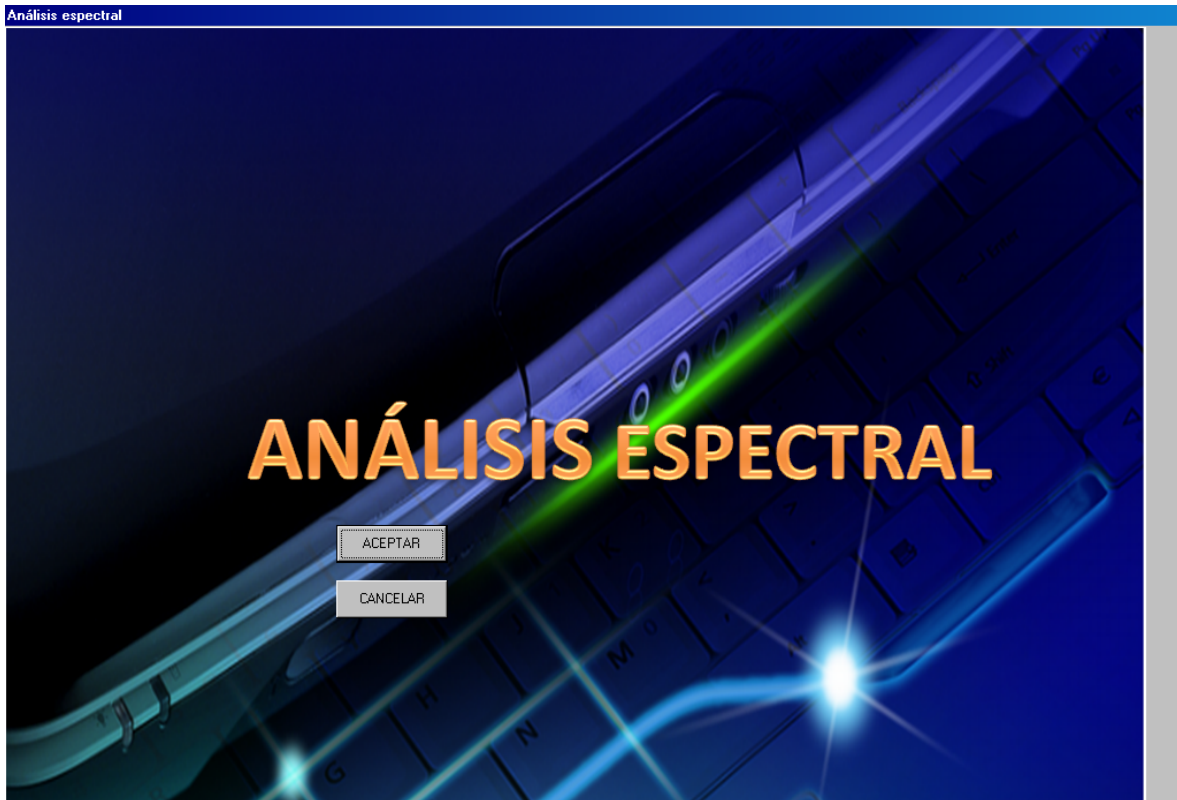
4. POTENCIAS DE SALIDA DE LAS ESTRELLAS ÓPTICAS				
Estrella No.	1	2	3	4
Potencia(dB m)	-29,3449845	-24,382	-28,573325	-29,9122608

Reporte de potencias de salida por longitud de onda en las estrellas.

Si el lector compara los resultados del programa de diseño del software PDS con los de la solución de la red clásica tomada como ejemplo, podrá evidenciar su potencial y precisión.

MODULO DE ANÁLISIS ESPECTRAL

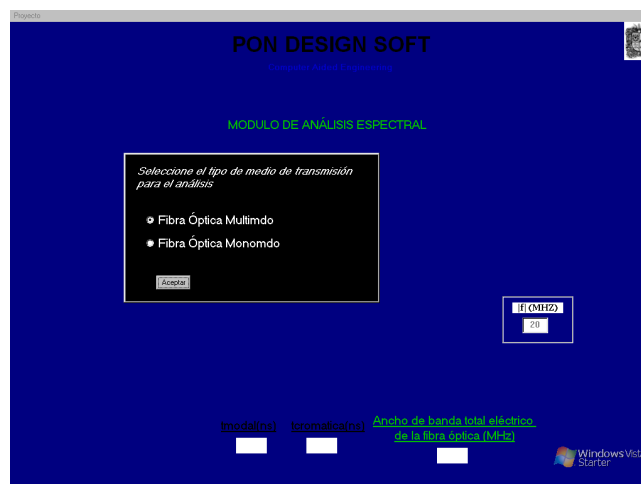
Al finalizar el modulo de diseño de red el usuario tendrá la posibilidad de acceder al modulo de análisis espectral. Esta segunda parte del programa permitirá observar el funcionamiento de la red con la solución dada, a nivel de ancho de banda. Haciendo un click en el botón aceptar el usuario activara todos los recursos del modulo.



Ventana inicial del modulo de análisis espectral.

Iniciando el modulo de análisis espectral

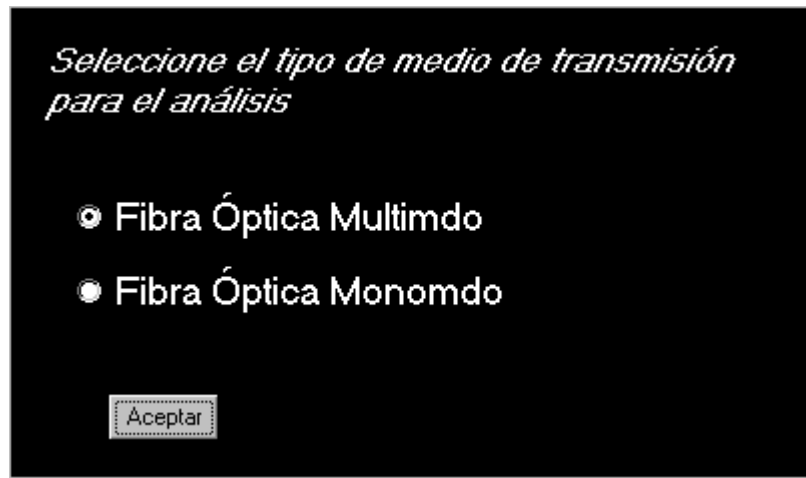
Al igual que en modulo de diseño de red, el diseñador debe ingresar los valores de los parámetros que permitirán estudiar el comportamiento de la red.



Iniciando el modulo de análisis espectral.

De esta forma se activaran secuencialmente las ventanas para el ingreso de valores. Debido a que ya se desarrolló la teoría del cálculo del ancho de banda en la fibra óptica, se supondrá dominio del tema por parte del lector.

Selección del tipo de fibra óptica



Seleccione el tipo de medio de transmisión para el análisis

☒ Fibra Óptica Multimodo

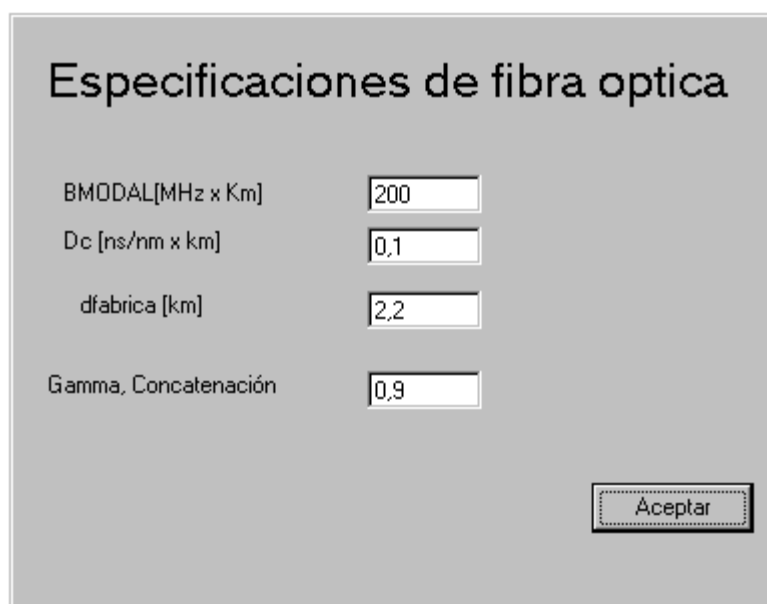
☐ Fibra Óptica Monomodo

Aceptar

Selección del tipo de fibra.

El diseñador elegirá una de las clasificaciones de los modos de propagación en la fibra óptica. Debe recordarse que el ancho de banda en la fibra óptica depende de la distancia del enlace y de un tiempo de subida total de la fibra óptica, el cual varía de acuerdo a la naturaleza de este medio de transmisión.

Especificaciones de la fibra óptica



Especificaciones de fibra optica

BMODAL[MHz x Km]	200
Dc [ns/nm x km]	0,1
dfabrica [km]	2,2
Gamma, Concatenación	0,9

Aceptar

Especificaciones de fibra.

En esta ventana se debe ingresar dependiendo de la fibra seleccionada, el ancho de banda modal, la dispersión cromática y el valor gamma.

Especificaciones de equipo óptico

The screenshot shows a window titled "Especificaciones de equipo óptico". It contains several input fields for optical equipment specifications. The fields are arranged vertically on the left side of the window. The values entered in the fields are: R [Mbps] = 10, Δ [nm] = 20, TGL [ns] = 15, TDL [ns] = 23, λ [nm] = 1310, and n = 1.48. The values 1310 and 1.48 are highlighted in red. At the bottom right of the window is a button labeled "Aceptar".

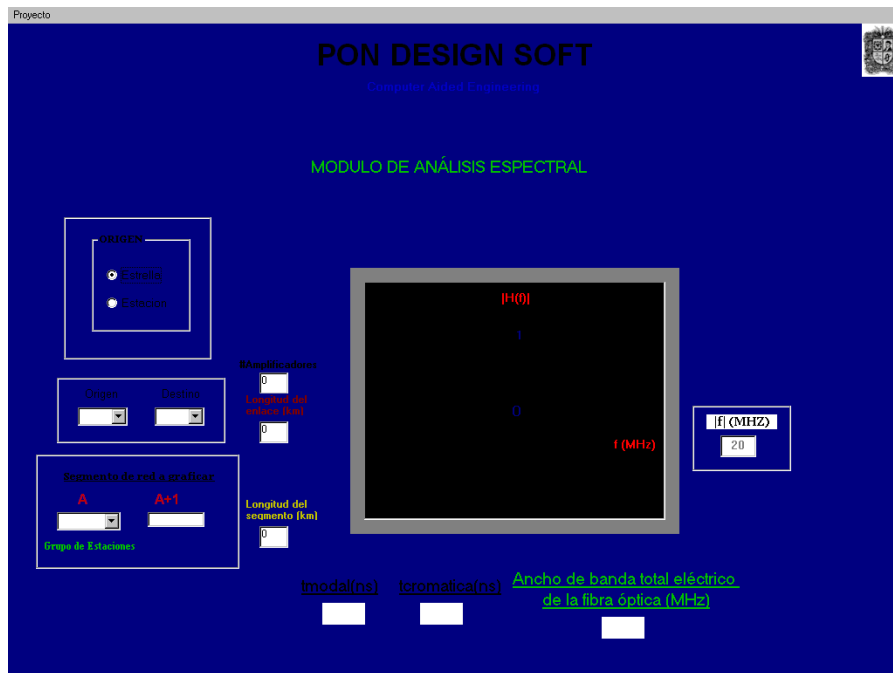
Parameter	Value
R [Mbps]	10
Δ [nm]	20
TGL [ns]	15
TDL [ns]	23
λ [nm]	1310
OTRO	
n	1.48

Especificaciones de equipamiento óptico.

Se ingresa el valor de la velocidad del equipo transmisor (estaciones), la anchura espectral del generador de luz, el tiempo de subida del generador de luz, el tiempo de subida del detector de luz, la longitud de onda de trabajo y el índice de refracción de la fibra óptica.

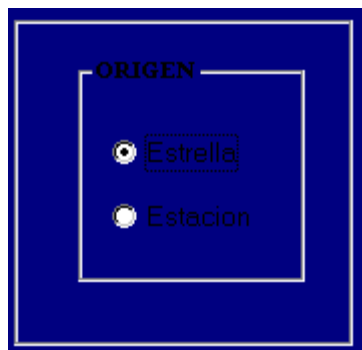
Iniciando el modulo de análisis espectral

Después de ingresar los valores para el análisis espectral se inicializara la siguiente pantalla:



Ventana principal de modulo de análisis espectral.

En primer lugar el usuario seleccionará el dispositivo origen del enlace a analizar, en el cuadro origen puede elegir entre una estrella óptica y un grupo de estaciones.

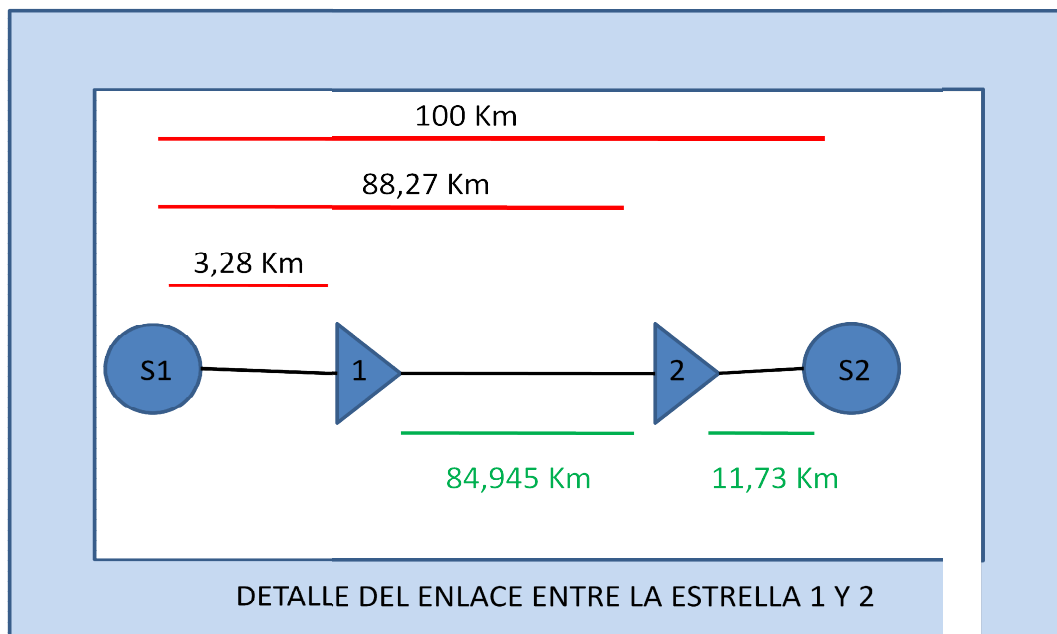


Selección de dispositivo origen.

El sistema identificara inmediatamente a todas las estrellas o grupo de estaciones del diseño y los habilitará para poder seleccionadas en el segundo cuadro. El siguiente paso debe ser la elección del número del dispositivo origen ya sea estrella o grupo de estaciones. Supóngase que se desea analizar el enlace entre la estrella 1 y la estrella 2. En cuyo caso se procede de la siguiente forma:

Selección de dispositivo de destino.

El programa muestra la distancia entre las estrellas (100 km) y los amplificadores del enlace en esa dirección (2). Mediante el siguiente gráfico podemos evidenciar la situación:



Valores de distancia para el enlace S1-S2.

A continuación se debe elegir el segmento a graficar que puede ser entre la estrella 1 y el amplificador1; entre el amplificador 1 y el amplificador 2; entre el amplificador 2 y la estrella 2. Si se elige el segmento del amplificador 2 a la estrella 2, solo se debe seleccionar el número 2 en la lista del ítem A, el programa automáticamente identificara el dispositivo siguiente (A+1) en este caso S2.

Segmento de red a graficar

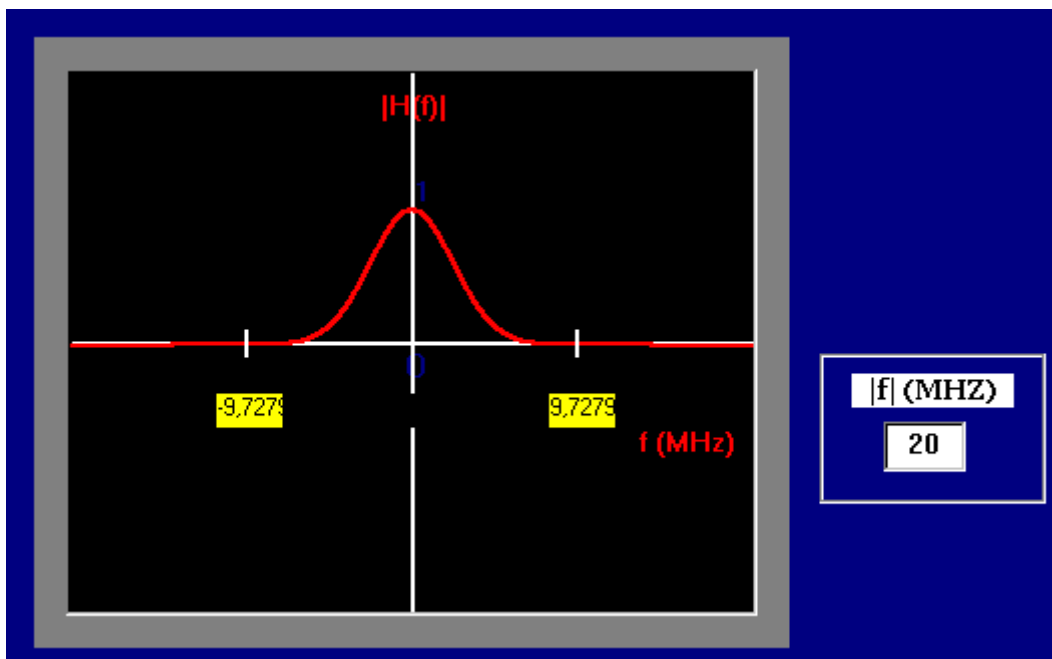
A **A+1**

Amplificador

Longitud del segmento [km]

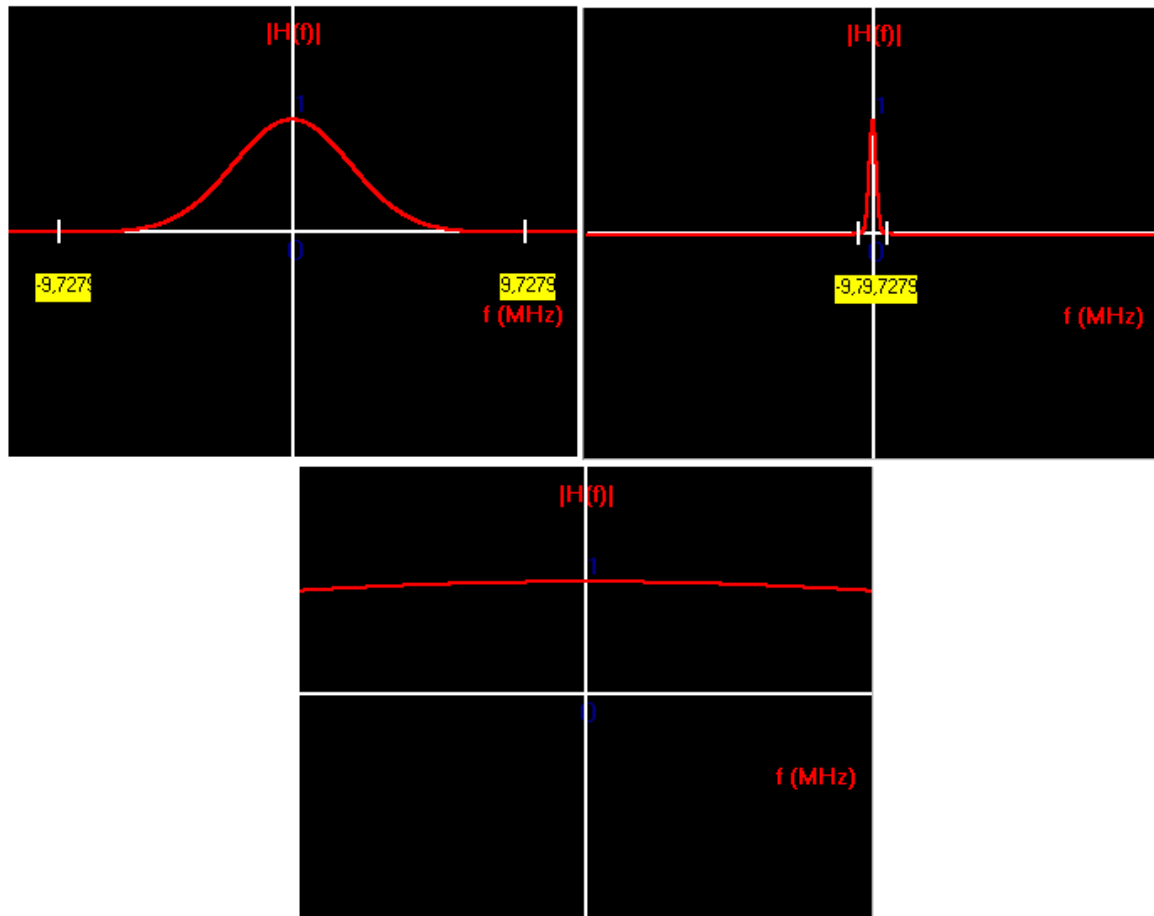
Selección de segmento a graficar.

Seguidamente el programa realizará la grafica del espectro de amplitud contra la frecuencia e indicara el ancho de banda total eléctrico del enlace.



Espectro de amplitud

El valor absoluto de la frecuencia se puede reasignar en el cuadro 4, para observar de diferentes formas la grafica. Se puede trabajar en rango de 1MHz hasta 999MHz.



Efectos de la modificación de valor absoluto de frecuencia,

Finalmente se incluyen los resultados de los cálculos en la parte inferior de la pantalla. Los tiempos de subida para la dispersión modal y cromática y el ancho de banda total eléctrico de la fibra óptica en ese enlace.

<u>$t_{\text{modal}}(\text{ns})$</u>	<u>$t_{\text{cromatica}}(\text{ns})$</u>	<u>Ancho de banda total eléctrico de la fibra óptica (MHz)</u>
27.198	23.552	9.7279

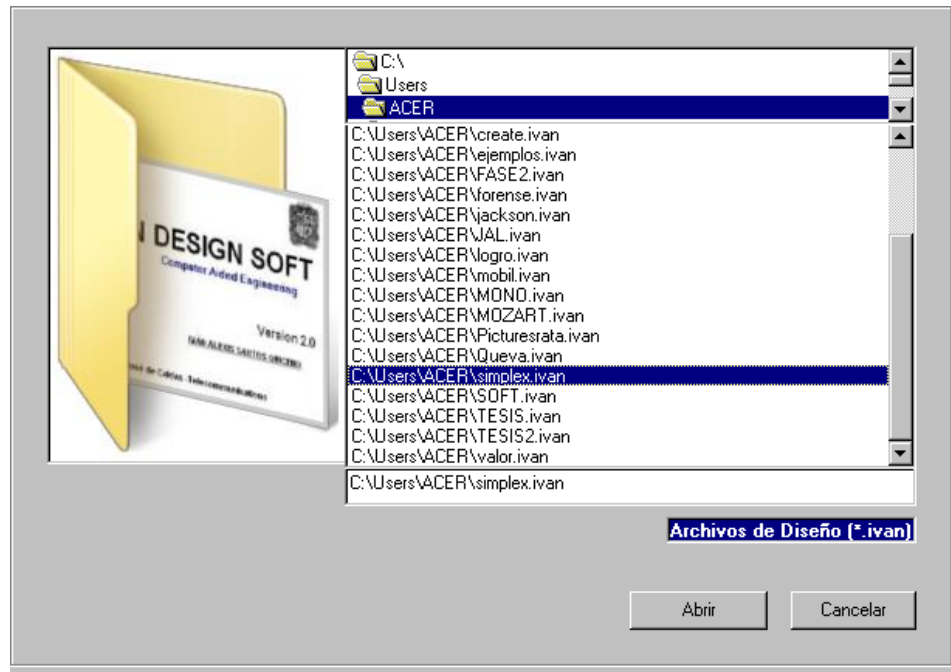
Soluciones numéricas para el ancho de banda de la fibra.

Otras utilidades de PDS

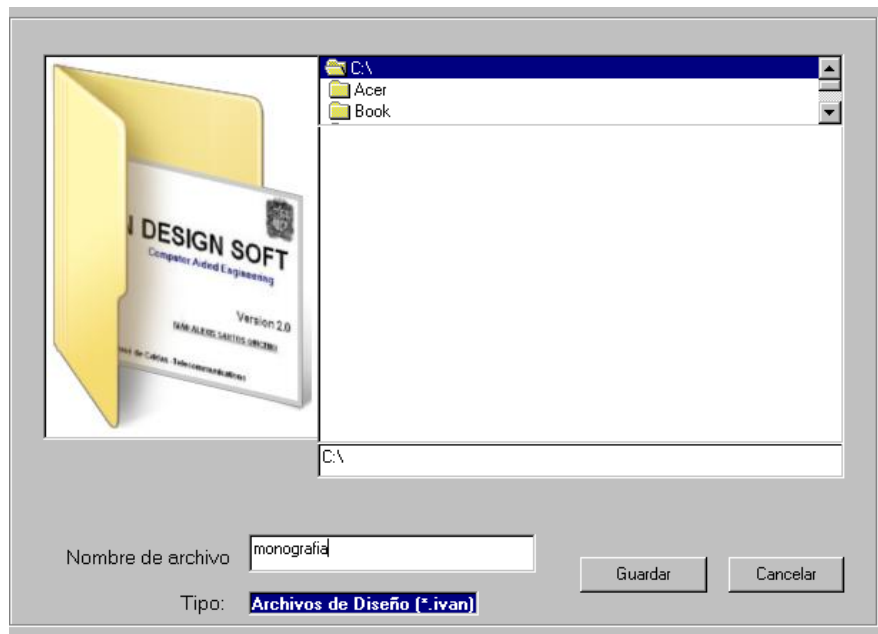


Otras utilidades de PDS.

El software contiene las opciones para crear un nuevo diseño, abrir una red existente, guardar el diseño actual y consultar la pagina de internet del proyecto.



Ventana de abrir archivo de diseño.



Ventana de guardar archivo de diseño

Los archivos .ivan

PDS memoriza las redes diseñadas en el ordenador mediante las extensiones .ivan, este tipo de archivos solo pueden interpretarse y abrirse con el software, contienen más de 7000 registros en el que se almacenan los datos asignados a las variables, en el entorno de interconexión, potencia y ancho de banda.