



Manual de Usuario

Contenidos

1 ¿QUÉ ES RADIOPLANNING?	1
2 INSTALACIÓN	1
3 EJECUCIÓN DE RADIOPLANNING	2
3.1 Posibles problemas	2
4 PANEL PRINCIPAL	3
4.1 Entrada de datos	4
4.2 Cálculo de resultados	7
5 PANEL CANAL	9
5.1 Elección del modelo y cálculo de la pérdida básica de propagación.....	9
5.1.1 Espacio libre	10
5.1.2 Tierra Plana	10
5.1.3 Tierra Curva.....	11
5.1.4 Difracción sobre Tierra esférica	13
5.1.5 Modelo de Dispersión Troposférica.....	14
5.1.6 Modelo de Egli	15
5.1.7 Modelo de Ikegami.....	15
5.1.8 Modelo de Okumura-Hata	16
5.1.9 Modelo CCIR.....	17
5.1.10Modelo de Walfish-Ikegami	18
5.1.11Modelo de Walfish-Bertoni	18
5.1.12Modelo de Xia	19
5.1.13Modelo COST231.....	20
5.1.14Modelo de Sakagami-Kuboi	20
5.2 Estudio frente a distancia	21
5.3 Estudio frente a frecuencia	22
6 PANEL RECEPTOR	23
6.1 Etapa1: Cálculo de los parámetros de ruido del equipo receptor.....	24
6.2 Etapa 2: Cálculo de los parámetros de ruido del sistema receptor	26
6.3 Etapa 3: Cálculo de la potencia de ruido	27
6.4 Etapa 4: Cálculo de la probabilidad de error	27
7 HERRAMIENTAS	29
7.1 Conversión de unidades.....	29
7.2 Conversión parámetros de Ruido	29
7.2.1 Ruido en cuadripolos	29
7.2.2 Ruido en atenuadores.....	30
7.2.3 Ruido en antenas sin pérdidas.....	31

7.3	Cálculo de la difracción en obstáculos.....	32
7.3.1	Pérdidas en obstáculo agudo.....	33
7.3.2	Pérdidas en obstáculo redondeado.....	33
7.3.3	Pérdidas en dos aristas.....	35
8	PANEL INFORME.....	36
8.1	Guardar Informe.....	36
8.2	Abrir Informe.....	37

1 ¿Qué es RadioPlanning?

“RadioPlanning” es una herramienta software de ayuda en el dimensionamiento de radioenlaces y comunicaciones por satélite, desarrollado en lenguaje de programación Java.

El objetivo del programa es la predicción de los parámetros más importantes en cuanto a potencia de señal y ruido se refiere en un enlace radio y ofrecer, a través de una interfaz gráfica sencilla y amigable, una herramienta que, con un número mínimo de datos de entrada fácilmente medibles, ofrezca una predicción orientativa del nivel de potencia de señal en recepción, y probabilidades de error de transmisión en distintos entornos.

2 Instalación

Como se ha dicho anteriormente, RadioPlanning ha sido desarrollado en lenguaje Java. A diferencia de otros lenguajes de programación, Java se compila en un código “neutro” que no depende del tipo de la plataforma para su ejecución, sino que se ejecuta sobre una “máquina hipotética virtual” denominada “Java Virtual Machine (JVM)”. Es la JVM la que interpreta el código neutro convirtiéndolo al código particular de la CPU utilizada.

Por supuesto, la implementación de la JVM en cada plataforma es diferente (ya que debe traducir al código máquina propio de la CPU), pero no así las aplicaciones en Java.

RadioPlanning dispone de un asistente de instalación para Windows. Bastará con ejecutar el archivo *Instalar.exe*, y seguir los pasos que marque el asistente de instalación.

La instalación para Windows incluye una versión del Java RunTime Environment (JRE 1.4.1.02) sobre la que se ejecuta por defecto RadioPlanning (directorio *RadioPlanning\jre*). No obstante, si se dispone de una versión del JRE instalado en el sistema, es posible eliminar este directorio de la instalación (el ejecutable de RadioPlanning detectará de forma transparente al usuario el JRE instalado, y se ejecutará sobre él).

Si se desea utilizar una versión más reciente del JRE, se remite a la Web de Sun Microsystems, www.java.sun.com, donde se facilitan las últimas versiones.

3 Ejecución de RadioPlanning

Para la ejecución de RadioPlanning bastará con pulsar sobre los iconos de acceso directo creados durante la instalación del programa, o bien sobre el archivo *RadioPlanning.exe* en el directorio raíz de la instalación del programa.

3.1 Posibles problemas

Si RadioPlanning no encuentra una JVM sobre la que ejecutarse, nos informará en pantalla mediante una ventana de diálogo de éste hecho. La solución pasa por reinstalar el programa (con lo que se dispondrá de una JVM en el mismo directorio de la instalación), o bien instalar en el sistema una JVM diferente.

4 Panel Principal

El Panel Principal ofrece la visión más general del radioenlace (ver Figura 4.1).

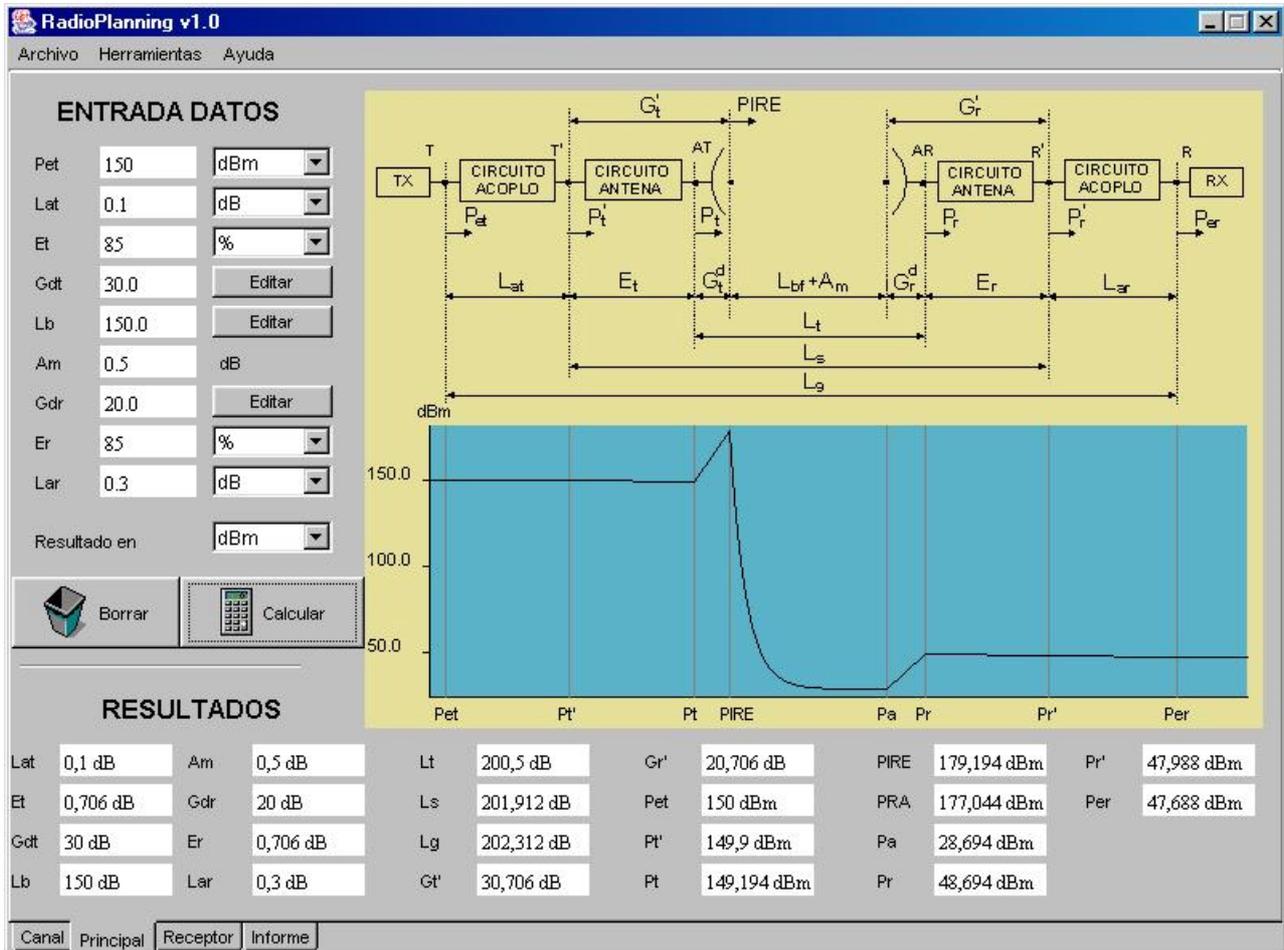


Figura 4.1: Panel Principal

El estudio del balance de potencias del radioenlace se ciñe al modelo presentado en la esquina superior derecha del Panel, y que se presenta en la Figura 4.2:

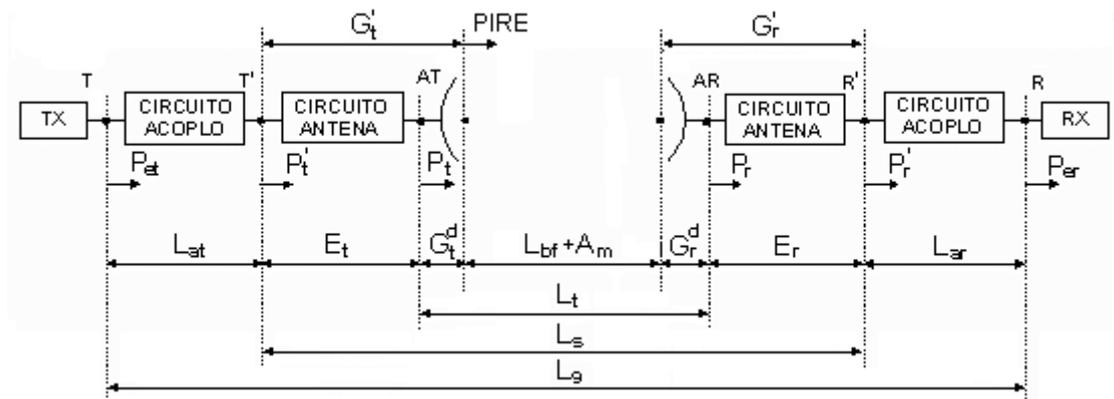


Figura 4.2: Modelo energético de sistema de radiocomunicación

El modelo consta de los siguientes elementos e interfaces:

- En el lado transmisión:
 - 1) TX: Transmisor.
 - 2) Circuitos de acoplamiento a la antena, alimentador de antena, multiplexores, etc.
 - 3) Circuito de antena, que representa los elementos disipativos de la antena.
 - 4) Antena ideal. El conjunto 3-4 constituye la antena física real. El sistema de antena termina en la interfaz antena virtual de antena isotrópica IT, por donde se accede al medio de propagación.
- En el lado recepción:
 - 5) Antena de recepción ideal, a través de cuya interfaz virtual de antena isotrópica de recepción, IR entra la señal al sistema receptor.
 - 6) Circuito de antena de recepción, separado del módulo anterior por la interfaz virtual AR y que representa los elementos disipativos de la antena de recepción. El conjunto 5-6 forma la antena receptora ideal.
 - 7) Circuitos de acoplamiento al receptor, separados de la antena por la interfaz R', y constituidos por duplexores, filtros, línea de alimentación de receptor, etc.
 - 8) RX: Receptor. El interfaz entre el circuito de acoplamiento y el receptor es el R.

4.1 Entrada de datos

Sobre la parte superior izquierda del Panel se encuentran los cuadros de texto editables para la introducción de los parámetros de entrada del modelo:

- **Pet:** potencia entregada por el transmisor al circuito de conexión al sistema radiante. Basta con introducir el valor numérico, y elegir la unidad de potencia empleada entre las posibilidades ofrecidas en la lista desplegable (W, dBm, dBW).



Figura 4.3: Entrada parámetro 'Pet'

- **Lat:** Pérdidas por desadaptación de impedancias en la antena transmisora. Es posible especificar esta pérdida en dB, o bien como un coeficiente de reflexión de la señal.

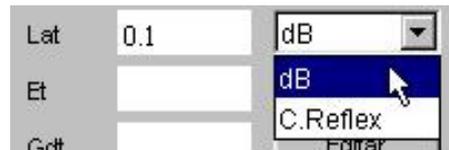


Figura 4.4: Entrada parámetro 'Lat'

- **Et:** Pérdidas de la antena de transmisión, entre las interfaces T' y AT, relacionada con la eficiencia de la antena. Es posible especificar esta pérdida mediante el porcentaje de eficiencia de la antena transmisora.

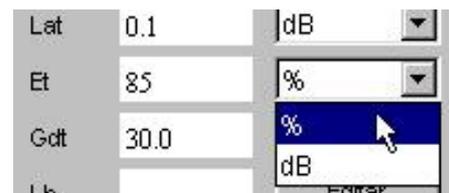


Figura 4.5: Entrada parámetro 'Et'

- **Gdt:** Ganancia directiva de la antena transmisora. Para la edición de la ganancia, se ha de pulsar sobre el botón 'Editar', a la derecha de su cuadro de texto, lo que ocasionará la presentación de la ventana de diálogo observada en la Figura 4.6.

Utilizando la ventana de diálogo, es posible especificar la ganancia directiva de la antena, bien mediante su valor en dB, o, en el caso de que se trate de una parabólica, mediante su diámetro y frecuencia de emisión. Al pulsar el botón 'Aceptar', se calculará en valor correspondiente en dB.

- **Lb:** Pérdida básica de propagación en el canal. Para la edición de la pérdida, se ha de pulsar sobre el botón 'Editar' a la derecha de su cuadro de texto, lo que ocasionará la aparición de la ventana de diálogo presentada en la Figura 4.7.

Utilizando la ventana de diálogo, es posible especificar la pérdida básica de propagación, bien mediante su valor numérico en dB, o bien tomando el valor de un estudio previo del canal en el Panel Canal.



Figura 4.6: Diálogo de entrada del parámetro 'Gdt'

- **Am:** Pérdidas adicionales en el canal. Representa las posibles pérdidas adicionales en el canal y que no son tenidas en cuenta en los modelos utilizados en el Panel Canal (i.e: atenuación por vegetación, lluvia, nubes, niebla, gases, vapores atmosféricos, ...etc).
- **Gdr:** Ganancia directiva de la antena receptora. Se edita de forma análoga al parámetro 'Gdr' visto anteriormente (ver Figura 4.6).
- **Er:** Pérdidas en la antena de recepción, entre las interfaces AR y R', relacionada con la eficiencia de la antena. Al igual que con el parámetro análogo en transmisión, 'Et', es posible especificar su valor como porcentaje de eficiencia, o bien su valor en dB.
- **Lar:** Pérdidas por desadaptación de impedancias en los circuitos terminales del receptor, entre las interfaces R' y R. Al igual que con el parámetro análogo de transmisión, es posible introducir el valor de coeficiente de reflexión, o bien su valor en dB.
- El último parámetro de entrada es una lista desplegable mediante la cuál es posible elegir las unidades de potencia en que RadioPlanning presentará los resultados: dBm ó dBW.

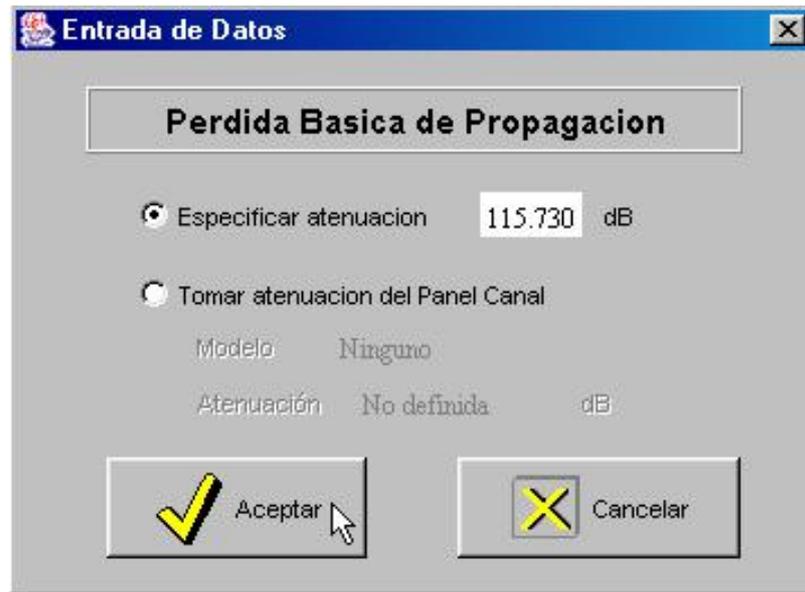


Figura 4.7: Diálogo de entrada del parámetro 'Lb'

4.2 Cálculo de resultados

Una vez introducidos los valores de los parámetros de entrada, se procederá a pulsar sobre el botón 'Calcular'.

Antes de comenzar los cálculos, se realiza un control de posibles errores en la introducción de los valores de los parámetros de entrada. Así, no están permitidos:

- Valores de potencia entregada al transmisor (parámetro 'Pet') nulos o negativos.
- Valores de pérdidas o ganancias en dB negativos.
- Valores de eficiencia de las antenas fuera del rango $0 \leq Et(Er) \leq 100$.
- Valores de coeficiente de reflexión fuera del rango $-1 \leq Lat(Lar) \leq 1$.
- Valores no numéricos en cualquier campo de texto.

Una vez realizada esta comprobación, y si no se han detectado errores, se visualizarán los resultados en la zona inferior del Panel. Los parámetros calculados son:

- **Lt**: Pérdida de transmisión (entre antenas ideales).
- **Ls**: Pérdida de sistema, definida entre las interfaces de las antenas reales.
- **Lg**: Pérdida global, definida entre las interfaces T y R del transmisor y el receptor.
- **Gt'**: Ganancia de potencia de la antena del transmisor (tiene en cuenta la eficiencia de la antena 'Et').

- **G_r'** : Ganancia de potencia de la antena del receptor (tiene en cuenta la eficiencia de la antena 'Er').
- **P_t'** : Potencia entregada a la antena real (en la interfaz T')(ver Figura 4.2).
- **P_t** : Potencia (ficticia) entregada a la antena ideal, sin pérdidas, equivalente a la antena real considerada.
- **PIRE**: Potencia isotrópica radiada equivalente en la dirección hacia el receptor.
- **PRA**: Potencia radiada aparente en la dirección del receptor.
- **P_a** : Potencia recogida por la antena receptora.
- **P_r** : Potencia (ficticia) disponible en los terminales de la antena receptora ideal, equivalente a la antena receptora real considerada.
- **P_r'** : Potencia disponible a la entrada de los circuitos de acoplo al receptor.
- **P_{er}** : Potencia disponible a la entrada del receptor.

Además de esto se dibujará una representación de la evolución de la potencia en los distintos puntos del circuito (ver Figura 4.8), y se actualizarán los datos calculados en el Panel Informe.

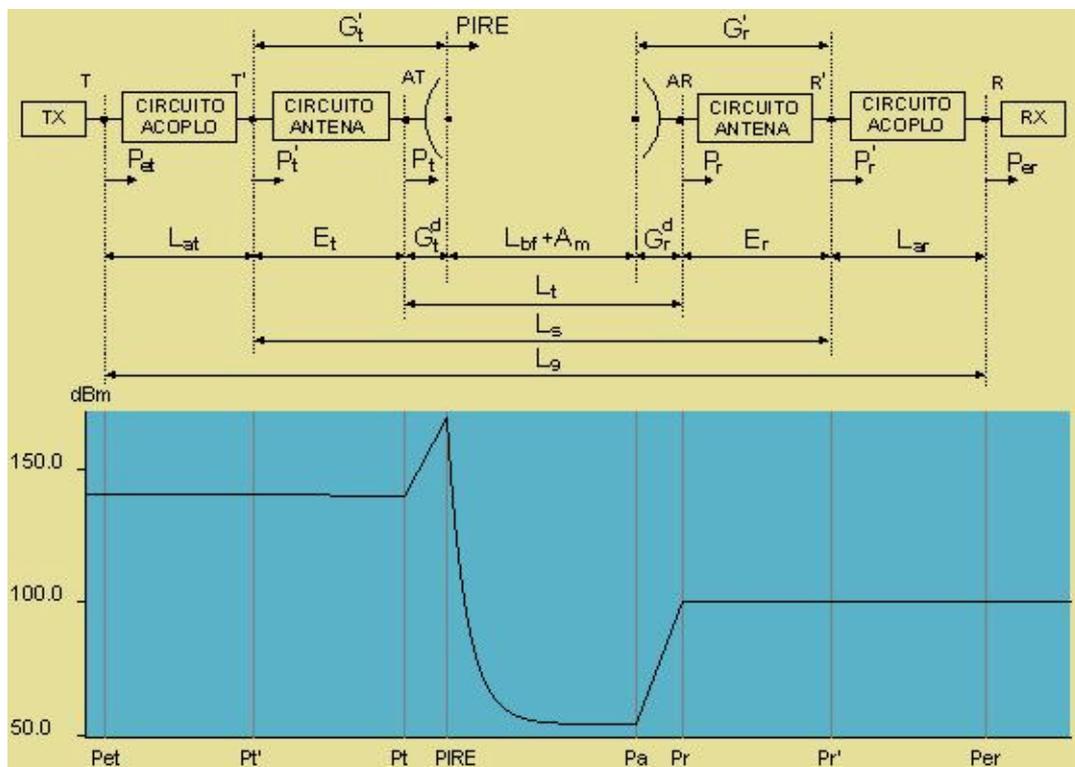


Figura 4.8: Evolución de la potencia de señal en los distintos puntos del circuito

5 Panel Canal

Este Panel es el encargado de realizar el estudio de la pérdida básica de propagación del radioenlace, pudiendo escoger entre distintos modelos, en función de los datos disponibles y del entorno de propagación. Asimismo, permite realizar una representación de esta pérdida básica en función de la distancia, y de la frecuencia central del enlace (ver Figura 5.1):

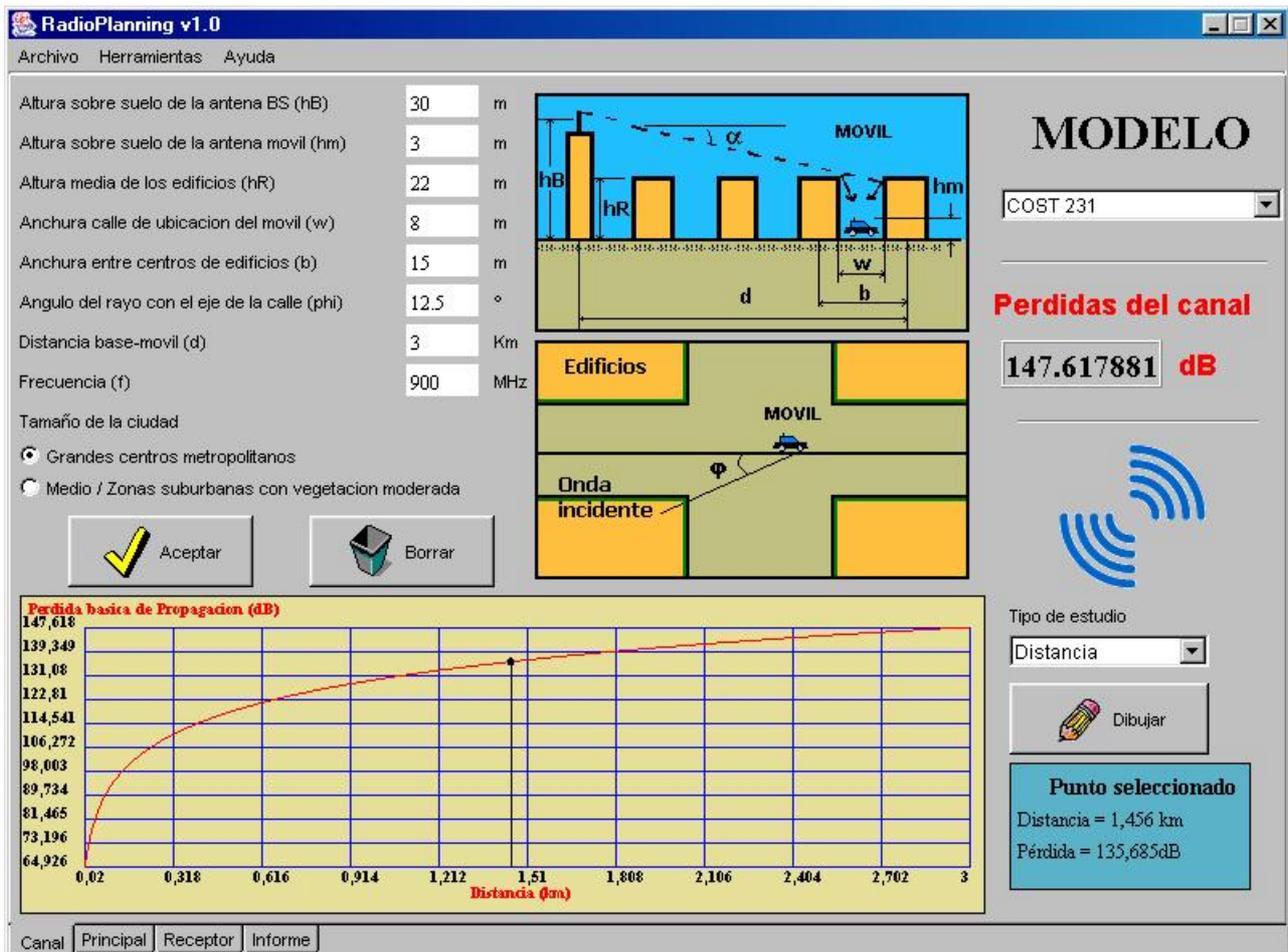


Figura 5.1: Panel Canal

5.1 Elección del modelo y cálculo de la pérdida básica de propagación

En la zona superior derecha del Panel se dispone una lista desplegable que permite seleccionar el modelo deseado. Una vez escogido un determinado modelo, la parte superior izquierda del canal mostrará el panel de introducción de parámetros específico para cada modelo de canal.

Cada modelo posee sus parámetros característicos (distancia, altura de antenas,

frecuencias, ...) cuyos valores habrá que insertar en los cuadros de texto. Cuando el modelo tenga validez para un determinado rango del parámetro, al pasar el puntero del ratón por su correspondiente cuadro de entrada, se nos mostrará un mensaje con el rango correcto, de la forma: *'parámetro comprendido entre XXX y ZZZ unidad'*.

Una vez introducidos los parámetros del modelo, se pulsará sobre el botón *'Aceptar'*. La pulsación de este botón propiciará la recogida de datos introducidos por teclado. Se realizará internamente un control de errores, comprobando que los valores son lógicos y están dentro del rango de validez del modelo. Si el resultado de esta comprobación de errores es satisfactoria, se mostrará la pérdida básica de propagación del canal para los datos introducidos en el cuadro de texto etiquetado como *'Pérdidas del canal'* en la región derecha del Panel. En caso contrario, se presentará en pantalla una ventana de error indicando el error.

Los modelos de canal disponibles en la versión 1.0 de RadioPlanning son los siguientes:

5.1.1 Espacio libre

Es el modelo más sencillo, que supone espacio libre entre transmisor y receptor, tomando como parámetros de entrada solamente distancia y frecuencia.

5.1.2 Tierra Plana

Este modelo tiene en cuenta la reflexión sufrida por el rayo sobre la superficie de la Tierra, despreciando su curvatura tomándola como un plano.

Altura antena transmisora (h_t)	<input type="text"/>	m	Distancia	<input type="text"/>	Km
Altura antena receptora (h_r)	<input type="text"/>	m	Frecuencia	<input type="text"/>	MHz
Constante dielectrica relativa del suelo (ϵ_r)	<input type="text"/>		Polarizacion	<input type="text" value="Horizontal"/>	
Conductividad del suelo (σ)	<input type="text"/>	S / m			

Figura 5.2: Entrada de datos Modelo Tierra Plana

El modelo de Tierra Plana es aplicable a distancias cortas para las que puede despreciarse la curvatura terrestre, y con terreno liso (ya que no tiene en cuenta la difracción en posibles obstáculos).

Para la introducción de los valores de Permitividad relativa y conductividad del suelo, se remite a las curvas de la Figura 5.4, proporcionadas por la UIT en la Recomendación UIT-P.527, "Características eléctricas de la superficie de la Tierra".

5.1.3 Tierra Curva

Se aplica este modelo cuando la longitud del enlace es del orden de la distancia de visibilidad radioeléctrica o mayor. Tiene en cuenta la reflexión sufrida por el rayo sobre la superficie curva de la tierra, pero no calcula pérdidas debidas a posible obstáculos en el trayecto.

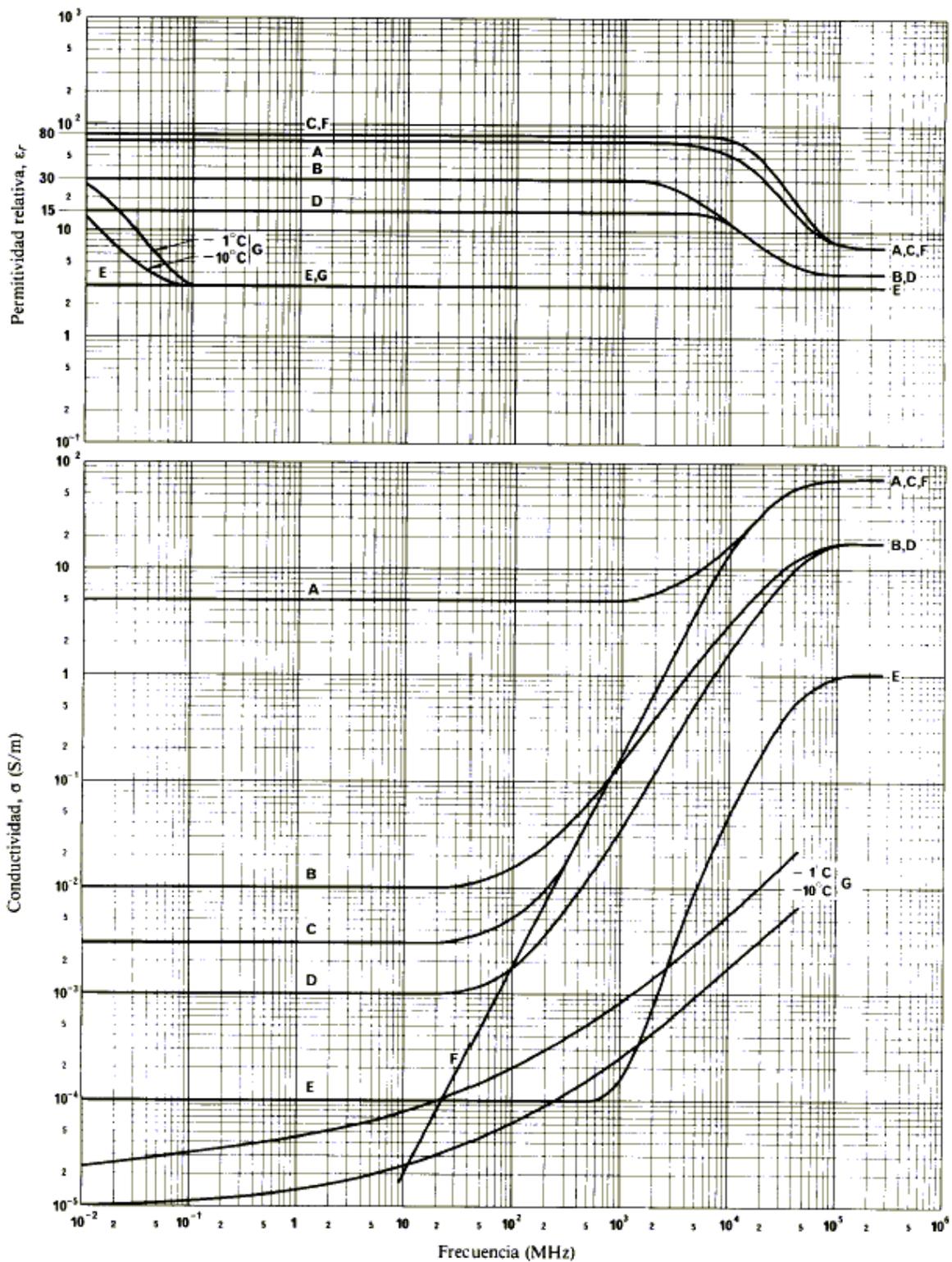
Las restricciones en la utilización del modelo son la existencia de visibilidad directa entre las antenas, y que el ángulo de incidencia en la reflexión supere el valor límite. Estos casos se comprueban durante el proceso de cálculo, informando de ello si se producen alguna de éstas dos situaciones.

Factor de corrección del radio terrestre (K)	<input type="text"/>	Altura antena transmisora (ht)	<input type="text"/>	m
Constante dielectrica relativa del suelo (Er)	<input type="text"/>	Altura antena receptora (hr)	<input type="text"/>	m
Conductividad del suelo (sigma)	<input type="text"/>	S / m	Distancia	<input type="text"/>
Polarizacion	<input type="text" value="Horizontal"/>		Frecuencia	<input type="text"/>
				MHz

Figura 5.3: Entrada de datos Modelo Tierra Curva

Para la introducción de los valores de la permitividad relativa y conductividad del suelo, se remite a las curvas de la Figura 5.4, proporcionadas por la UIT en la Recomendación UIT-P.527, "Características eléctricas de la superficie de la Tierra".

El parámetro 'K' es un factor de corrección de la curvatura terrestre utilizado por convenio, que depende de las condiciones atmosféricas. La Figura 5.5 facilita el valor del parámetro en función de la troposfera.



- A: Agua salada (salinidad media), 20°C
- B: Suelo húmedo
- C: Agua dulce, 20°C
- D: Suelo moderadamente seco
- E: Suelo muy seco
- F: Agua pura, 20°C
- G: Hielo (agua dulce)

Figura 5.4: Permitividad relativa y conductividad del suelo en función de la frecuencia

Subrefractiva intensa	$0 < K < 1$
Subrefractiva	$1 < K < 4/3$
Estándar	$K = 4/3$
Superrefractiva	$K > 4/3$
Conductiva	$K < 0$

Figura 5.5: Parámetro 'K' en función de la troposfera

5.1.4 Difracción sobre Tierra esférica

Se produce esta modalidad de propagación cuando el rayo discurre por encima de un terreno liso o muy poco ondulado (llanuras, mar, lagos, ...) con despejamiento insuficiente o incluso alguna obstrucción por la redondez de la Tierra. Analíticamente se da esta situación cuando el ángulo de incidencia del rayo reflejado es inferior al ángulo límite (lo cuál era una restricción para la aplicación de los modelos de Tierra Plana y Curva).

Altura antena transmisora (ht)	<input type="text"/>	m
Altura antena receptora (hr)	<input type="text"/>	m
Constante dielectrica relativa del suelo (Er)	<input type="text"/>	
Conductividad del suelo (sigma)	<input type="text"/>	S / m
Factor de correccion del radio terrestre (K)	<input type="text"/>	
Distancia	<input type="text"/>	Km
Frecuencia	<input type="text"/>	MHz
Polarizacion	Horizontal <input type="button" value="v"/>	

Aceptar

Borrar

Figura 5.6: Entrada de datos Modelo Difracción Tierra Esférica

Para la introducción de los valores de la permitividad relativa y conductividad del suelo, se remite a las curvas de la Figura 5.4, proporcionadas por la UIT en la Recomendación UIT-P.527, "Características eléctricas de la superficie de la Tierra".

El parámetro 'K' es un factor de corrección de la curvatura terrestre utilizado por convenio, que depende de las condiciones atmosféricas. La Figura 5.5 facilita el valor del parámetro en función de la troposfera.

5.1.5 Modelo de Dispersión Troposférica

Se utilizará este modelo para el estudio de los "radioenlaces troposféricos" o "radioenlaces transhorizonte". Estos permiten establecer una radiocomunicación a distancias superiores al horizonte (no existe por tanto visibilidad directa entre antenas).

Los mecanismos dispersivos que permiten la propagación de la energía radioeléctrica en estas condiciones comienzan a funcionar "bien" para frecuencias superiores a los 100 MHz, lo que supone la restricción principal a la hora de aplicar el modelo.

Figura 5.7: Entrada de datos Modelo Dispersión Troposférica

El modelo distingue dos situaciones bien diferenciadas:

- *Terreno llano*: Se pulsará sobre esta opción cuando no existan grandes desniveles en el terreno de separación de las antenas.
- *Terreno rugoso*: existen accidentes geográficos en el vano.

Por otra parte, el modelo calcula una estimación de la pérdida de transmisión mediana

horaria para porcentajes de tiempo de no rebasamiento superiores al parámetro 'q', que habrá que especificar como entrada.

5.1.6 Modelo de Egli

Es un modelo muy simplificado que asume "terreno ligeramente ondulado con altura montañosa media de, aproximadamente 50 pies". Debido a esta asunción, no son necesarios datos de elevación del terreno entre transmisor y receptor, sino que la pérdida se ajusta mediante la altura de las antenas sobre tierra.

Se trata por tanto de un modelo aplicable sobre terrenos con una orografía muy suave. Debe ser usado en áreas geográficas con condiciones similares a las de Tierra Plana, con trayectos cortos sobre agua, y rutas de tierra planas. El modelo tiene validez para el siguiente rango de parámetros:

- 30 < Frecuencia < 1.000 MHz
- 1 < Distancia < 80 km

5.1.7 Modelo de Ikegami

Se trata de un modelo aplicable en el cálculo de la pérdida de propagación en ambientes urbanos.

Figura 5.8: Entrada de datos Modelo Ikegami

El modelo de Ikegami proporciona en general buenos resultados de predicción cuando

la altura de la antena transmisora es grande, de forma que, prácticamente en la propagación sólo influyen los edificios inmediatos al móvil. Si esto no se cumple, y hay algún tipo de interacción con edificios situados entre transmisor y receptor, las estimaciones del modelo de Ikegami son en exceso optimistas.

5.1.8 Modelo de Okumura-Hata

Es un método de predicción de la pérdida de propagación en ambientes urbanos que proporciona buenas estimaciones para un número reducido de parámetros de entrada. Está pensado para su utilización en el dimensionamiento de radiocomunicaciones móviles, de ahí el rango de validez de los parámetros.

Con miras a mejorar la predicción que ofrece este método empírico, se debe introducir el concepto de altura efectiva de la antena transmisora (ver Figura 5.9), a pesar de que el modelo no contemple una descripción exhaustiva del perfil entre transmisor y receptor.

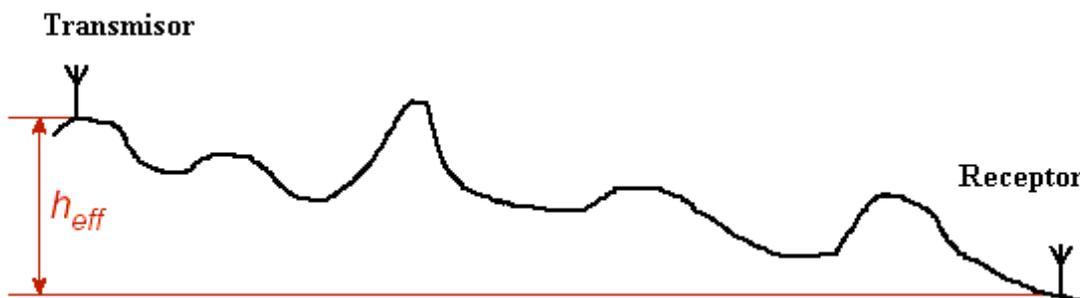


Figura 5.9: Definición de la altura efectiva de la antena transmisora

Se ha introducido en el modelo las correcciones efectuadas por Hata ante la llegada de aplicaciones móviles que trabajan en el espectro de 1.500-2.000 MHz (como la telefonía celular de 2ª generación), de manera que el rango de validez de los parámetros de entrada es:

- $150 \leq \text{Frecuencia} \leq 2.000 \text{ MHz}$
- $1 \leq \text{Distancia} \leq 20 \text{ km}$
- $30 \leq h_t \text{ (altura efectiva de la antena transmisora)} \leq 200 \text{ m}$
- $1 \leq h_m \text{ (altura sobre suelo de la antena receptora)} \leq 10 \text{ m}$

Altura efectiva antena transmisora (ht)	<input type="text"/>	m	Tamaño de ciudad	Media - Pequeña
Altura sobre suelo antena receptora (hm)	<input type="text"/>	m	Tipo de medio	Urbano
Distancia	<input type="text"/>	Km		
Frecuencia	<input type="text"/>	MHz		

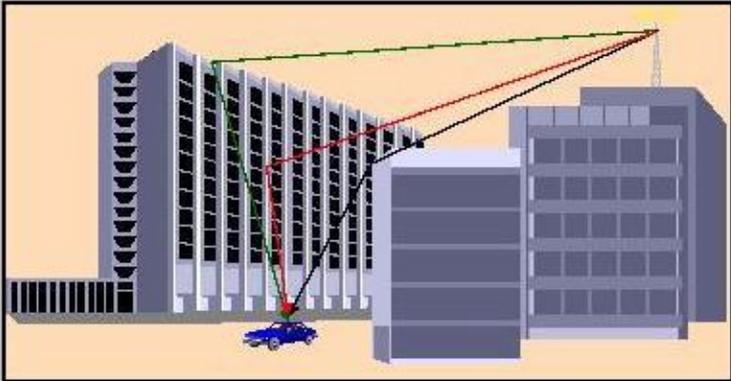


Figura 5.10: Entrada de datos Modelo Okumura-Hata

5.1.9 Modelo CCIR

Se trata de una variante del modelo de Okumura-Hata publicado por el CCIR (hoy llamado UIT-R), al que se le aplica un factor de corrección que depende del porcentaje de área cubierta por edificios.

Las consideraciones y rangos de validez hechos para el modelo de Okumura-Hata son válidos para este modelo.

Altura efectiva antena transmisora (ht)	<input type="text"/>	m	Distancia	<input type="text"/>	Km
Altura sobre suelo antena receptora (hr)	<input type="text"/>	m	Frecuencia	<input type="text"/>	MHz
Porcentaje de area cubierta por edificios	<input type="text"/>	%			

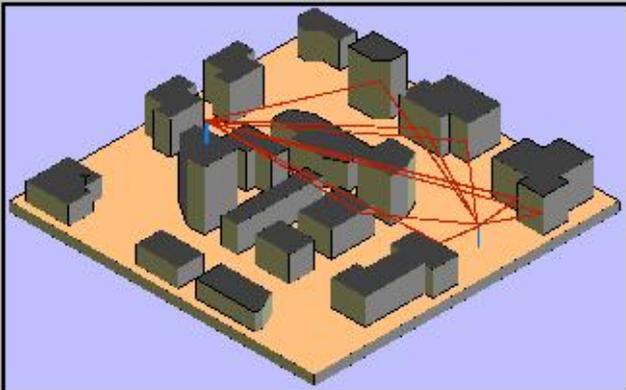


Figura 5.11: Entrada de datos Modelo CCIR

5.1.10 Modelo de Walfish-Ikegami

Se trata de un modelo de predicción de la propagación en ambientes urbanos, y distingue entre 2 situaciones diferentes:

- WIM-LOS: No existe obstrucción directa entre transmisor y receptor. Como cabe esperar, esta situación simplifica los cálculos, y son necesarios un menor número de parámetros de entrada, por lo que se desactivarán las casillas de entrada que no se utilicen al pulsar sobre este submodelo en el panel de entrada de datos.
- WIM-NLOS: Existe obstrucción directa entre transmisor y receptor. En este caso es necesario rellenar los valores de todos los parámetros de entrada.

El modelo tiene validez siempre y cuando los parámetros cumplan:

- $800 \leq \text{Frecuencia} \leq 2.000 \text{ MHz}$
- $20 \text{ m} \leq \text{Distancia} \leq 5 \text{ km}$
- $h_B \geq 30 \text{ m}$

Modelo: **NLOS-WIM (Non Line Of Sight)**

Altura sobre suelo de la antena BS (hB) m

Altura sobre suelo de la antena movil (hm) m

Altura media de los edificios (hR) m

Anchura de la calle del movil (w) m

Anchura entre centros de edificios (b) m

Angulo del rayo con el eje de la calle (phi) °

Distancia base-movil (d) Km

Frecuencia (f) MHz

Grandes centros metropolitanos

Medio / Zonas suburbanas con vegetacion moderada

Figura 5.12: Entrada de datos Modelo Walfish-Ikegami

5.1.11 Modelo de Walfish-Bertoni

Es un modelo de propagación en ambientes urbanos, fuera del núcleo de altas edificaciones de las ciudades. Es decir, el modelo describe bien la influencia de los edificios de los barrios residenciales y edificios industriales, pero no tan bien zonas

con gran densidad de rascacielos.

Diferencia de altura entre antena transmisora y edificios (H)	<input type="text"/>	m
Altura sobre suelo de la antena movil (hm)	<input type="text"/>	m
Altura media de los edificios (h)	<input type="text"/>	m
Anchura entre centros de edificios (d)	<input type="text"/>	m
Distancia antena transmisora - edificio anterior al movil (R)	<input type="text"/>	Km
Frecuencia (f)	<input type="text"/>	MHz

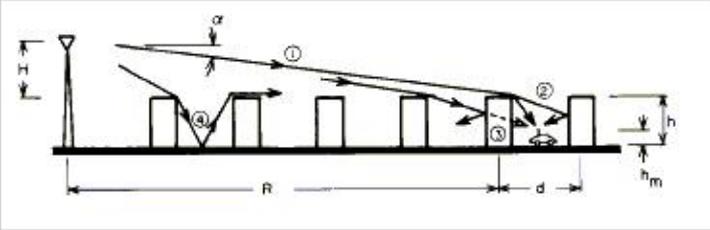


Figura 5.13: Entrada de datos Modelo Walfish-Bertoni

5.1.12 Modelo de Xia

Se trata de un modelo de naturaleza semiempírica, aplicable a medios urbanos. A diferencia de otros modelos, proporciona el modelo es válido incluso en el caso de que la antena de la estación base (BS) sea inferior al nivel medio de los edificios a su alrededor.

Altura sobre suelo antena transmisor (ht)	<input type="text"/>	m	Separacion media de edificios (b)	<input type="text"/>	m
Altura sobre suelo antena movil (hm)	<input type="text"/>	m	Anchura media de calles (w)	<input type="text"/>	m
Altura media de edificios (hR)	<input type="text"/>	m	Distancia	<input type="text"/>	Km
			Frecuencia	<input type="text"/>	MHz

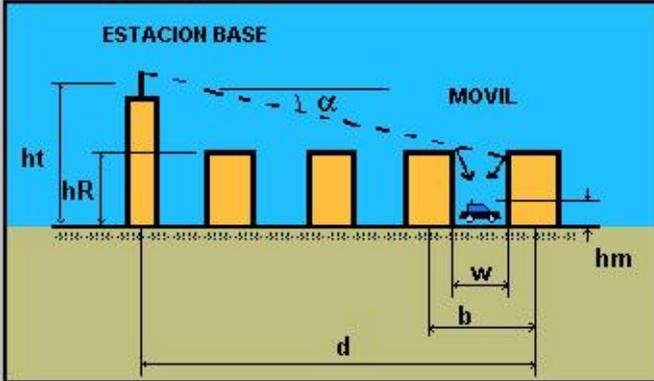


Figura 5.14: Entrada de datos Modelo de Xia

5.1.13 Modelo COST231

Es un modelo para medio urbano, preparado para enlaces en 900 y 1.800 MHz, que se basa en los de Ikegami, y Walfish-Bertoni con la adaptación de algunas de sus variables a las características urbanísticas de las ciudades europeas. Es aplicable incluso en situaciones de propagación para las cuáles el rayo directo entre el transmisor y el receptor está obstruido por los edificios.

La validez del modelo se limita al siguiente rango de parámetros de entrada:

- $800 \leq \text{Frecuencia} \leq 2.000 \text{ MHz}$
- $0,02 \leq \text{Distancia} \leq 5 \text{ km}$
- $4 \leq \text{Altura sobre suelo antena transmisor}(ht) \leq 50 \text{ m}$
- $1 \leq \text{Altura sobre suelo antena móvil} \leq 3 \text{ m}$
- $\text{Altura media edificios} (hR) \geq \text{Altura sobre suelo antena móvil} (hm)$

Altura sobre suelo de la antena BS (hB)	<input type="text"/>	m
Altura sobre suelo de la antena movil (hm)	<input type="text"/>	m
Altura media de los edificios (hR)	<input type="text"/>	m
Anchura calle de ubicacion del movil (w)	<input type="text"/>	m
Anchura entre centros de edificios (b)	<input type="text"/>	m
Angulo del rayo con el eje de la calle (phi)	<input type="text"/>	°
Distancia base-movil (d)	<input type="text"/>	Km
Frecuencia (f)	<input type="text"/>	MHz
Tamaño de la ciudad	<input checked="" type="radio"/> Grandes centros metropolitanos <input type="radio"/> Medio / Zonas suburbanas con vegetacion moderada	
<input type="button" value="Aceptar"/>		
<input type="button" value="Borrar"/>		

Figura 5.15: Entrada de datos Modelo COST231

5.1.14 Modelo de Sakagami-Kuboi

Se trata de un método de predicción de propagación para ambientes urbanos. Requiere de una información más detallada del entorno de propagación que los métodos anteriores, pero como contraprestación, la concordancia de la estimación con los resultados de mediciones es también mejor.

Altura de la antena Tx respecto punto Rx (hb)	<input type="text"/>	m	Altura edificios proximos a Rx (hs)	<input type="text"/>	m
Altura de la antena Tx sobre suelo (hb0)	<input type="text"/>	m	Distancia base-movil (d)	<input type="text"/>	Km
Altura media edificios alrededor de Tx (H)	<input type="text"/>	m	Frecuencia (f)	<input type="text"/>	MHz
Altura media edificios alrededor punto Rx (<H>)	<input type="text"/>	m			
Ancho de la calle donde se encuentra Rx (w)	<input type="text"/>	m	<input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Borrar"/>		
Angulo de la calle con las direcciones Tx-Rx (phi)	<input type="text"/>	°			

Figura 5.16: Entrada de datos Modelo Sakagami-Kuboi

La validez del modelo se limita al siguiente rango de parámetros:

- $450 \leq \text{Frecuencia} \leq 2.200 \text{ MHz}$
- $0,5 \leq \text{Distancia} \leq 10 \text{ km}$
- $5 \leq w \leq 50 \text{ m}$
- $5 \leq \langle H \rangle \leq 50 \text{ m}$
- $0 \leq \text{phi} \leq 90^\circ$
- $20 \leq hb \leq 100 \text{ m}$
- $5 \leq hs \leq 80 \text{ m}$
- $H \leq hb0$

5.2 Estudio frente a distancia

Una vez seleccionado un canal, e introducidos correctamente los datos del modelo es posible realizar una representación de la pérdida en dB frente a la distancia. Para ello, basta con seleccionar 'Distancia' en la lista desplegable etiquetada como *Tipo de estudio*, y pulsar sobre el botón 'Dibujar'. El límite superior de la representación en distancia será el valor introducido introducido en el parámetro 'Distancia' del canal bajo estudio.

Haciendo clic con el ratón sobre cualquier punto de los ejes de representación, se obtendrán los valores de ordenada y abscisa de la gráfica en el punto seleccionada.

5.3 Estudio frente a frecuencia

Una vez seleccionado un canal, e introducidos correctamente los datos del modelo es posible realizar una representación de la pérdida en dB frente a la frecuencia. Para ello, basta con seleccionar 'Frecuencia' en la lista desplegable etiquetada como Tipo de estudio, y pulsar sobre el botón 'Dibujar'. Tras hacer esto, aparecerá en pantalla una ventana de diálogo como la mostrada en la Figura 5.17, sobre la que habrá que introducir los valores límite inferior y superior de la representación.



Figura 5.17: Diálogo de estudio en frecuencia

Una vez introducidos los límites del estudio, bastará con pulsar sobre el botón 'Aceptar'. Haciendo clic con el ratón sobre cualquier punto de los ejes de representación, se obtendrán los valores de ordenada y abcisa de la gráfica en el punto seleccionada.

6 Panel Receptor

Posibilita el cálculo de los parámetros de ruido del receptor, y probabilidad de error en la transmisión.

Se ha dotado al Panel de gran flexibilidad y versatilidad en el estudio del receptor. Se sigue el esquema secuencial lógico de cálculo de parámetros que se llevaría a cabo a mano, y, lo que es más importante, se permite el comienzo del estudio en cualquier paso del mismo precisando el menor número de datos posible de la etapa anterior. La Figura 6.2 explica el flujo de cálculo llevado a cabo en el Panel.

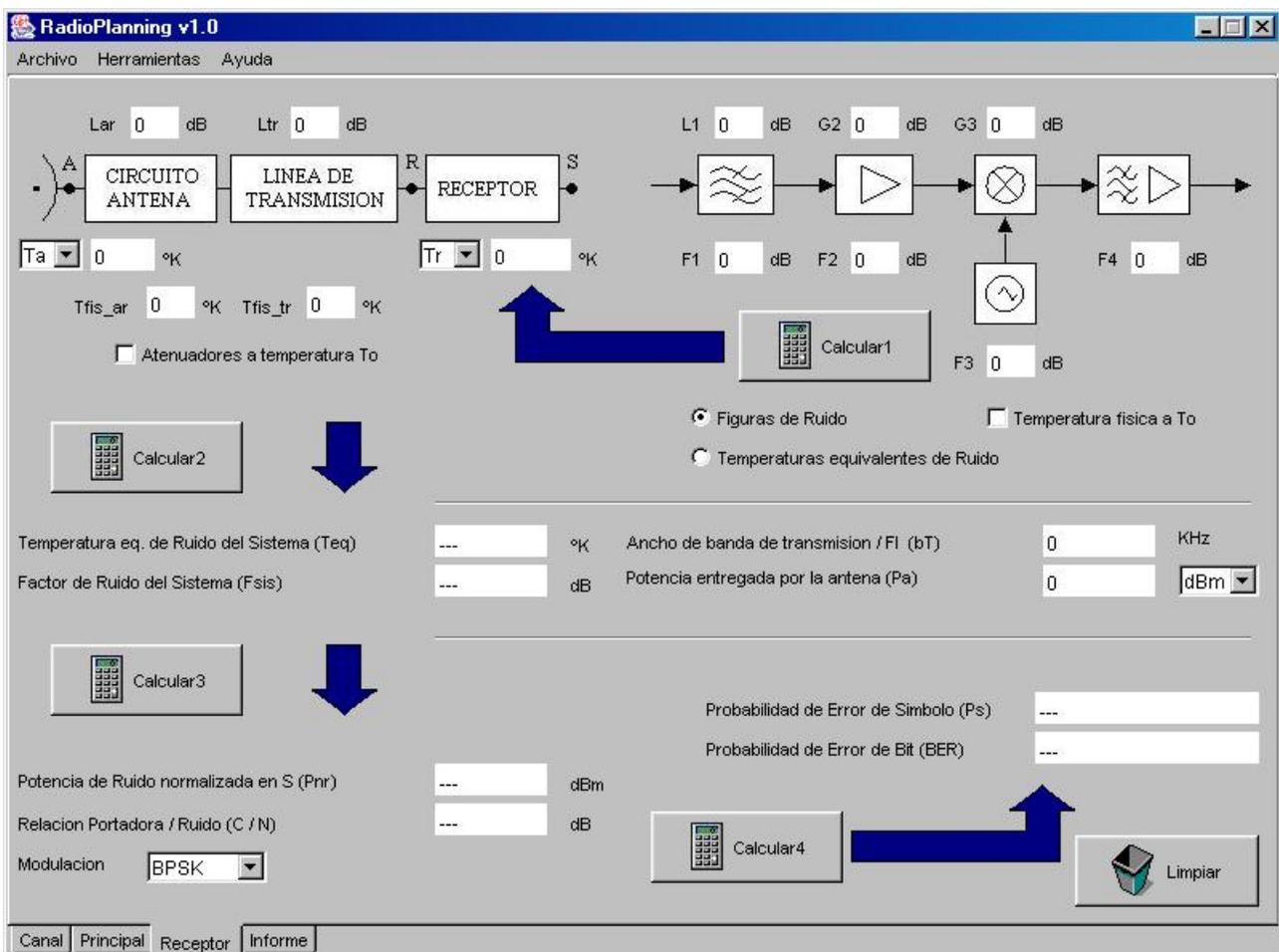


Figura 6.1: Panel Receptor

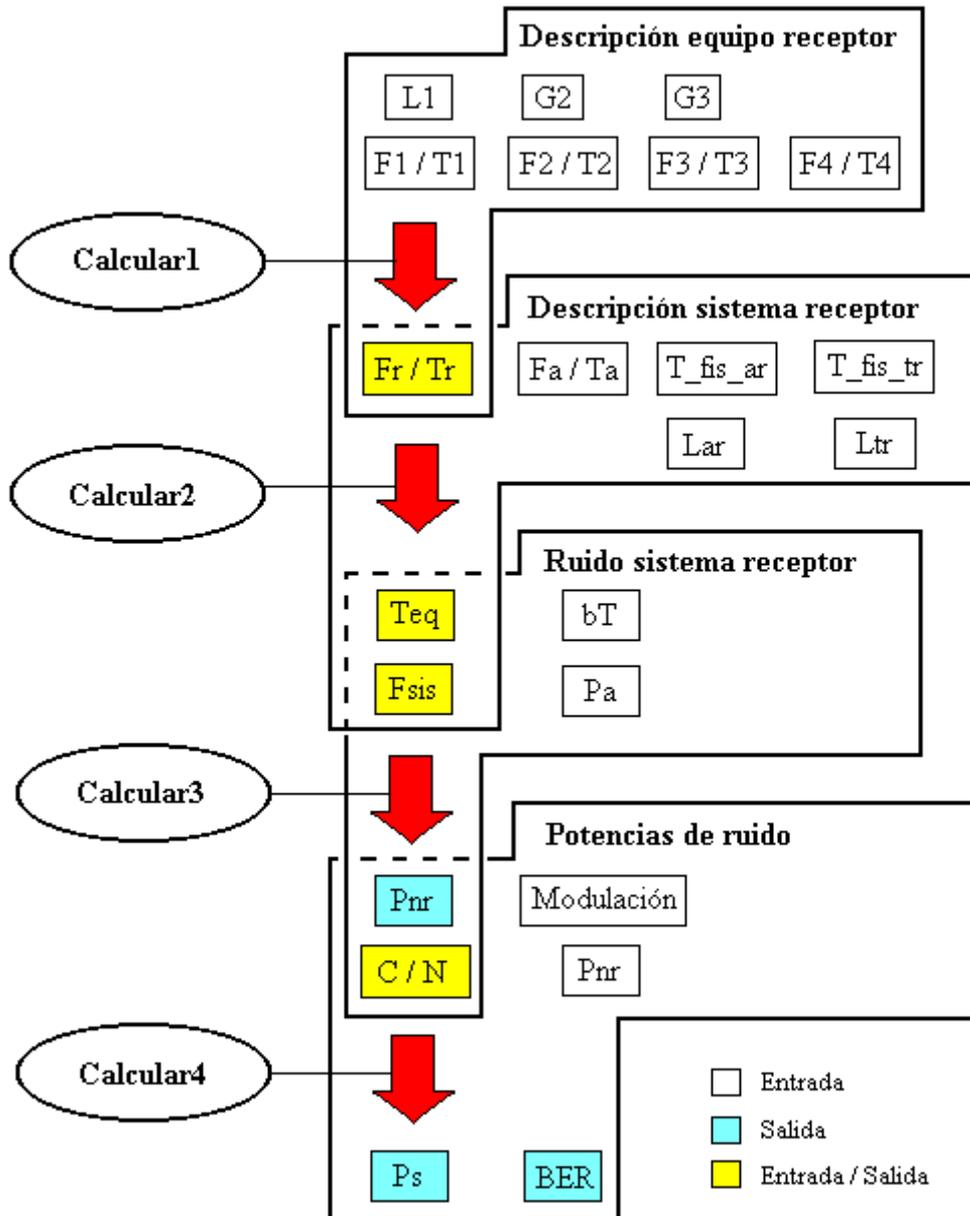


Figura 6.2: Flujo de cálculo del Panel Receptor

6.1 Etapa1: Cálculo de los parámetros de ruido del equipo receptor

En la región superior derecha del Panel se tiene la representación de un receptor de radiofrecuencia genérico (ver Figura 6.3), compuesto de los siguientes elementos (de izquierda a derecha):

- Filtro de RF con atenuación $L1$ (dB)
- Amplificador RF, con ganancia $G2$ (dB)
- Mezclador, que introduce una ganancia $G3$ (dB)

- Filtro y amplificador IF

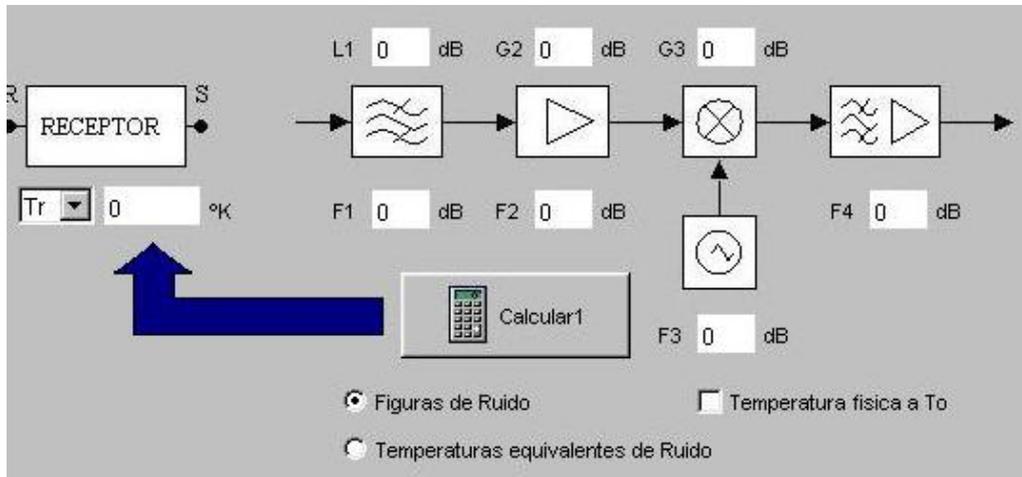


Figura 6.3: Etapa 1

Cada uno de estos elementos, vistos como cuadripolos, tienen unos parámetros característicos de ruido por separado (temperatura equivalente de ruido y factor equivalente de ruido).

La primera etapa de cálculo se encarga de calcular los parámetros de ruido del equipo receptor completo. Para ello se han de seguir los siguientes pasos:

- Introducir los valores de atenuación $L1$ y ganancia $G2$, $G3$, de los elementos que componen el equipo receptor.
- Si el equipo receptor se encuentra a temperatura física T_0 (290 °K), se activará la casilla '*Temperatura física a T_0* ' (esto simplificará los cálculos y ahorrará la introducción del parámetro de ruido del filtro de RF).
- En función de los parámetros de ruido de los cuadripolos que se posean, se pulsará sobre botón radio correspondiente: '*Figuras de Ruido*' (habrá que introducir la figura de ruido de cada cuadripolo $F1$, $F2$, $F3$, $F4$, en dB), o bien '*Temperaturas equivalentes de Ruido*' (habrá que introducir éste valor $T1$, $T2$, $T3$, $T4$ en grados Kelvin para cada elemento).
- Finalmente se pulsará sobre el botón '*Calcular1*'.

Si no han existido errores en la introducción de los parámetros de entrada, se presentará en la casilla ' Tr/Fr ' el parámetro de ruido del equipo receptor seleccionado.

6.2 Etapa 2: Cálculo de los parámetros de ruido del sistema receptor

En esta etapa se tiene en cuenta el sistema receptor genérico mostrado en la región superior izquierda del Panel (ver Figura 6.4).

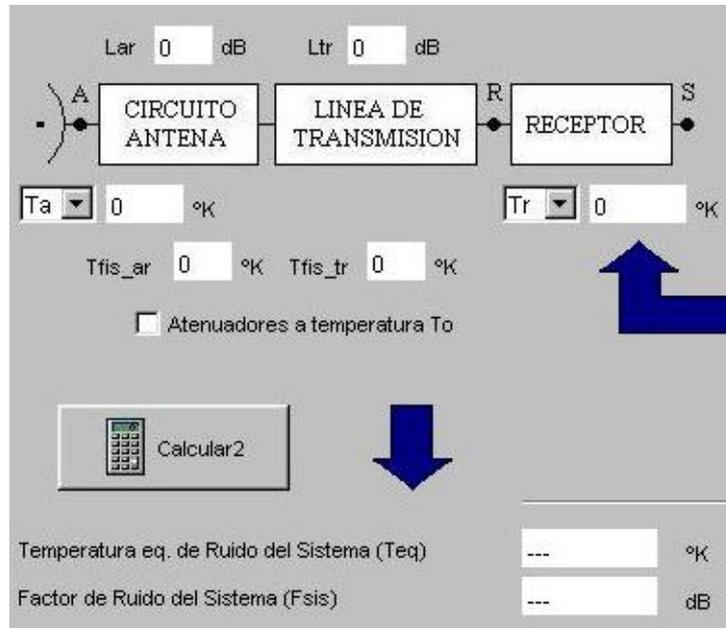


Figura 6.4: Etapa 2

El sistema receptor genérico está compuesto por los siguientes elementos (de izquierda a derecha):

- La antena real se modela como una antena ideal con temperatura equivalente de ruido Ta / Factor de ruido Fa , conectada en serie con un atenuador de atenuación Lar y a temperatura física $Tfis_ar$.
- Línea de transmisión que conecta la antena al receptor, con una atenuación Ltr , y a una temperatura física $Tfis_tr$.
- Equipo receptor con Temperatura equivalente de ruido Tr / Factor de ruido Fr .

La segunda etapa de cálculo se encarga de obtener los parámetros de ruido del sistema receptor completo. Para ello se han de seguir los siguientes pasos:

- Introducir los valores de Ta / Fa , Tr / Fr , Lar y Ltr .
- En el caso habitual en que los dispositivos se encuentren a temperatura física T_0 (290 °K), se pulsará sobre la casilla 'Atenuadores a temperatura T_0 ', con lo que se evitará especificar la temperatura física de los atenuadores. En caso contrario, introducir los valores $Tfis_ar$ y $Tfis_tr$.
- Pulsar sobre el botón 'Calcular2'.

Si no han existido errores en la introducción de los valores de entrada, se presentarán los resultados en las casillas '*Temperatura eq. de Ruido del Sistema (Teq)*' y '*Factor de Ruido del Sistema (Fsis)*'.

6.3 Etapa 3: Cálculo de la potencia de ruido

En esta etapa se procede al cálculo de la potencia de ruido normalizada, así como la relación portadora / ruido a la entrada del equipo receptor.

Para ello:

- Introducir el valor del Factor de ruido del sistema receptor, *Fsis*, en caso de que no se disponga de la etapa anterior.
- Introducir el ancho de banda de transmisión de FI, *bT*.
- Introducir la potencia entregada por la antena, *Pa*. (Si se dispone de los datos del balance de potencias en el Panel Principal, se corresponde con el valor del parámetro *Pr* en dicho Panel).
- Pulsar sobre el botón '*Calcular3*'.

Si no han existido errores en la introducción de los valores de entrada, se presentarán los resultados en las casillas '*Potencia de Ruido normalizada en S (Pnr)*' y '*Relación portadora / Ruido (C/N)*'.

En caso de no especificar la potencia entregada por la antena, sólo se calculará el valor de '*Pnr*'.

6.4 Etapa 4: Cálculo de la probabilidad de error

En esta etapa se obtienen la probabilidad de error en la transmisión, suponiendo un equipo receptor con demodulador/detector óptimo, y equiprobabilidad de símbolos en la transmisión.

Para ello:

- Introducir el valor de la '*Relación portadora / ruido (C/N)*' si no se dispone de la etapa anterior.
- Seleccionar una de las modulaciones disponibles de la lista desplegable etiquetada '*Modulación*'. Si se selecciona una modulación multinivel (M-aria), aparecerá una nueva lista desplegable sobre la que introducir el valor de M.
- Pulsar sobre el botón '*Calcular4*'.

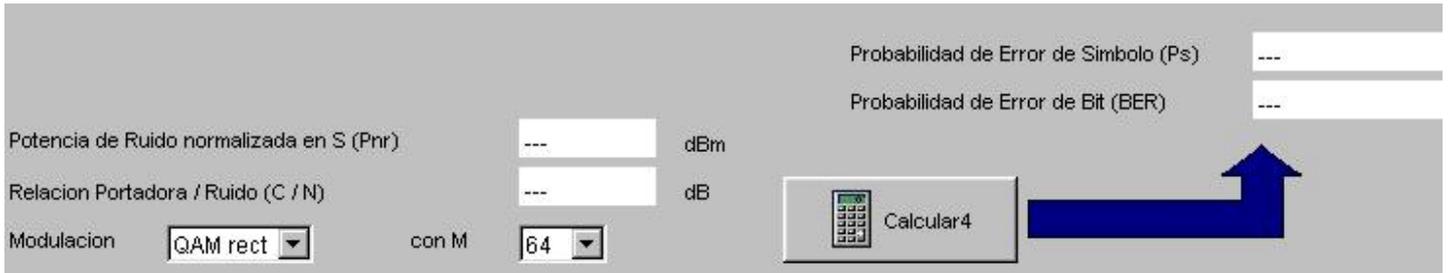


Figura 6.5: Etapa 4

Las modulaciones disponibles son:

- BPSK
- BFSK
- QPSK
- DPSK
- MPSK
- MPAM
- QAM rectangular

7 Herramientas

7.1 Conversión de unidades

RadioPlanning proporciona herramientas para la conversión entre distintas unidades de potencia.

Para ello basta con pulsar *Menu* -> *Herramientas* -> *Conversión de X a Y*, donde *X* e *Y* son las unidades de origen y destino respectivamente (ver Figura 7.1).

Hecho esto, aparecerá en pantalla la ventana de conversión de unidades como la mostrada en la Figura 7.2.

Sobre ella se introducirá en el cuadro de texto superior la cantidad a convertir. Tras pulsar sobre el botón '*Calcular*', y si no hay errores en la introducción del valor (por ejemplo, intento de conversión de una magnitud negativa a dB), se visualizará la cantidad convertida en la casilla '*Resultado*'.

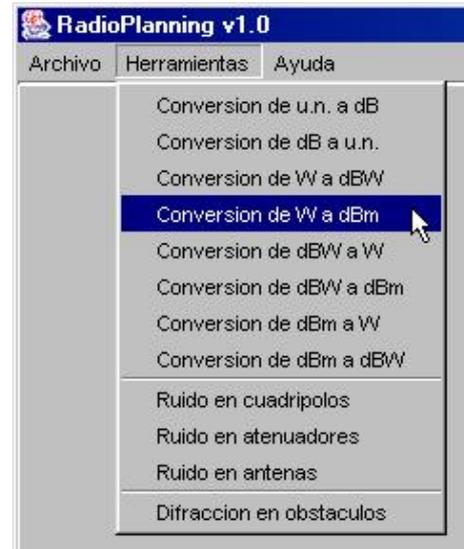


Figura 7.1: Menú Herramientas



Figura 7.2: Diálogo de conversión de unidades

7.2 Conversión parámetros de Ruido

7.2.1 Ruido en cuadripolos

Tras pulsar sobre *Menu* -> *Herramientas* -> *Ruido en cuadripolos* (ver Figura 7.1), aparecerá en pantalla una ventana de diálogo como la mostrada en la Figura 7.3.

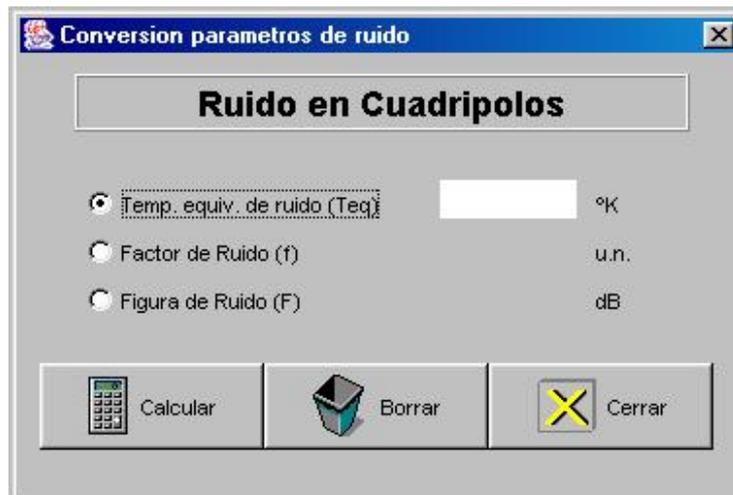


Figura 7.3: Diálogo Ruido en Cuadripolos

La ventana permite la conversión entre los distintos parámetros de ruido de un cuadripolo, tomado éste como una caja negra. La selección de uno de los botones radio a la izquierda de los parámetros indicará que se trata del parámetro de partida, permitiendo la introducción de su correspondiente valor, y a partir del cuál se calcularán los otros dos parámetros.

Bastará, por tanto, con seleccionar el parámetro conocido, insertar su valor en el cuadro de texto adjunto, y pulsar sobre el botón 'Calcular'. Si no han existido errores en la introducción del valor (en cuyo caso se informará mediante mensaje), se obtendrá el valor de los otros dos parámetros.

Se trata de una herramienta de especial interés para su aplicación en las Etapa1 de cálculo del Panel Receptor, ya que permite obtener el parámetro de ruido deseado para su introducción en el modelo del equipo receptor (ver Figura 6.3), sea cual sea el parámetro conocido.

7.2.2 Ruido en atenuadores

Los atenuadores, como caso particular de cuadripolo han tenido un trato especial, dada la relación existente de sus parámetros de ruido con su valor de atenuación y temperatura física.

Tras pulsar sobre *Menu -> Herramientas -> Ruido en atenuadores* (ver Figura 7.1), aparecerá en pantalla una ventana de diálogo como la mostrada en la Figura 7.4.

Dada la relación existente entre los parámetros de ruido de un atenuador con sus

valores de atenuación y temperatura física, sobre esta ventana se han de especificar dos magnitudes: una fija y otra variable. La fija es el valor de *Atenuación (L)* (permitiéndose su introducción en dB ó u.n. Por otro lado, habrá que insertar el valor de alguna otra magnitud de entre las presentadas en la ventana. Para ello se seleccionará mediante el botón radio correspondiente el parámetro conocido, se introducirá su valor en el cuadro de texto, y se pulsará sobre el botón 'Calcular'. Si no han existido errores, se presentarán en pantalla el resto de los parámetros.

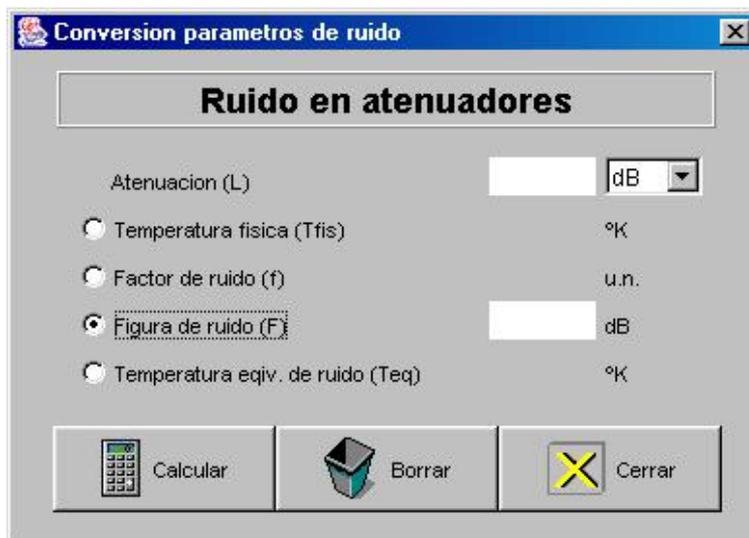


Figura 7.4: Diálogo Ruido en atenuadores

Se trata de una herramienta de especial interés para su aplicación en las Etapas de cálculo 1 y 2 del Panel Receptor.

7.2.3 Ruido en antenas sin pérdidas

Tras pulsar sobre *Menu -> Herramientas -> Ruido en antenas* (ver Figura 7.1), aparecerá en pantalla una ventana de diálogo como la mostrada en la Figura 7.5.

Dicha ventana permite al cálculo de los parámetros de ruido en una antena ideal, teniendo dos modos de funcionamiento:

- Si se dispone de la *Potencia de ruido disponible en bornas* de la antena, P_{nr} , y de la *Anchura de banda de recepción*, se procederá a activar la casilla 'Introducir datos' en la región superior de la ventana. Tras rellenar los campos de texto con los valores correspondientes, se pulsará sobre el botón 'Calcular', ofreciéndose como resultados la temperatura equivalente, factor, y figura de ruido de la antena bajo estudio.

- En el caso de que no se disponga de estos datos, el funcionamiento de la ventana es análogo a las dos ventanas vistas anteriormente, particularizado para el caso de antenas ideales. Se desactivará la casilla 'Introducir datos', y bastará con seleccionar el parámetro de ruido conocido, insertar su valor en el cuadro de texto adjunto, y pulsar sobre el botón 'Calcular'. Si no han existido errores en la introducción de datos (en cuyo caso se informará mediante mensaje), se obtendrá el valor de los dos parámetros de ruido restantes.

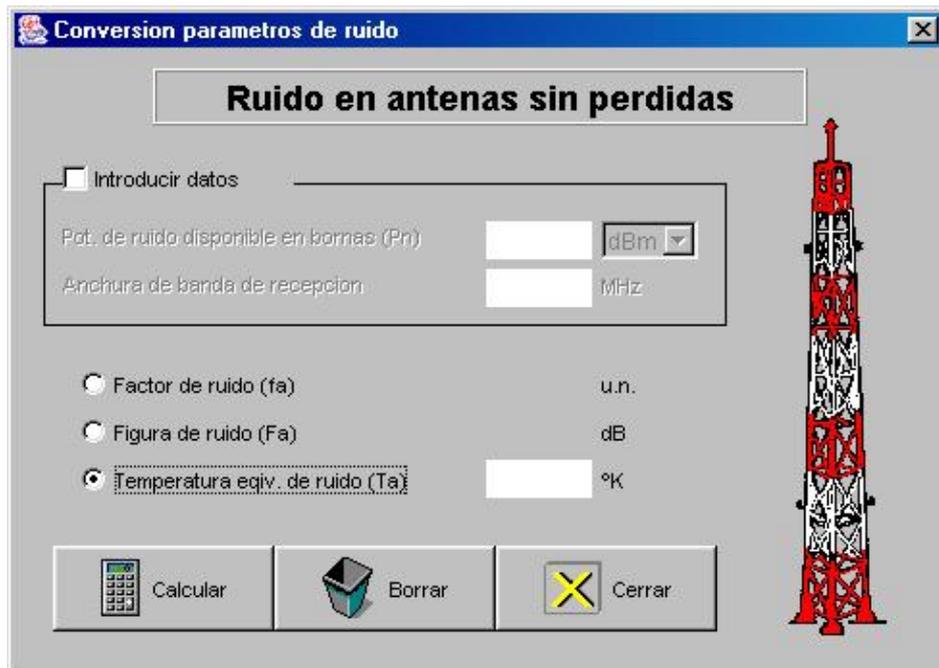


Figura 7.5: Diálogo Ruido en antenas sin pérdidas

Se trata de una herramienta de especial interés en el estudio realizado en el Panel Receptor, útil para la obtención del parámetro T_a / F_a (ver Figura 6.4) del Panel cuando no se dispone de éstos parámetros de ruido para la antena ideal del modelo de sistema receptor.

7.3 Cálculo de la difracción en obstáculos

En el trayecto del radioenlace pueden existir obstáculos importantes que introducen una pérdida por difracción adicional que en muchos casos no está contenida en el modelo del canal (salvo en los modelos urbanos, se suele considerar terreno relativamente llano o poco rugoso). Esta herramienta permite calcular esta pérdida adicional en la potencia de señal provocada por el/los obstáculo/s más significativo/s

en el trayecto de propagación. Esta atenuación adicional habrá de ser tenido en cuenta en el balance de potencias general del enlace, y deberá incluirse en el valor del parámetro '*Am*' (Pérdidas adicionales en el canal) en el Panel Principal.

Tras pulsar sobre *Menu -> Herramientas -> Difracción en obstáculos* (ver Figura 7.1), aparecerá una ventana de diálogo como la mostrada en la Figura 7.6. La herramienta distingue entre 3 posibles casos, seleccionables mediante la lista desplegable en la esquina superior derecha de la ventana:

7.3.1 Pérdidas en obstáculo agudo

En función de los datos de los que se disponga de la posición relativa del obstáculo respecto a transmisor y receptor, se seleccionará uno de los dos botones radio ('*Introducir alturas*', '*Introducir distancias de horizonte*') vistos en la Figura 7.6.

En cualquier caso se insertarán los valores adecuados conforme al gráfico explicativo adjunto en los cuadros de texto activados, y se pulsará sobre el botón '*Calcular*'. Si no han existido errores en la introducción de los datos, se obtendrá el valor de la atenuación adicional en la región inferior izquierda de la ventana.

Además, si se ha optado por introducir las alturas absolutas de antenas y obstáculo (botón '*Introducir alturas*' seleccionado), se presentarán también en pantalla las distancias de horizonte del obstáculo, al ser éstos datos intermedios en el proceso de cálculo de la pérdida.

7.3.2 Pérdidas en obstáculo redondeado

Al seleccionar '*Obstáculo redondeado*' en la lista desplegable de la esquina superior derecha de la pantalla, se nos mostrará la ventana representada en la Figura 7.7.

Para el cálculo basta con introducir los valores adecuados de los parámetros conforme al gráfico explicativo adjunto, y pulsar sobre el botón '*Calcular*'. Si no han existido errores en la introducción de los datos, se obtendrá el valor de la atenuación adicional en la región inferior izquierda de la pantalla.

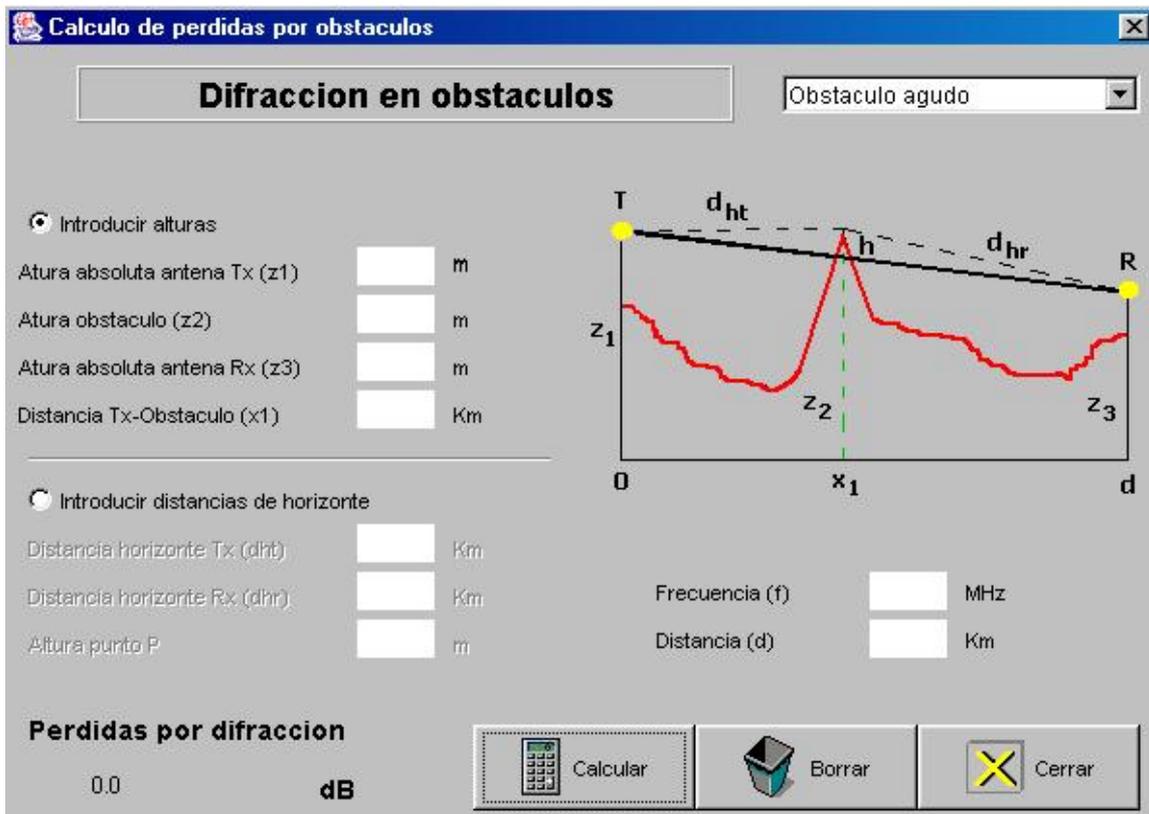


Figura 7.6: Diálogo de pérdidas en obstáculo agudo

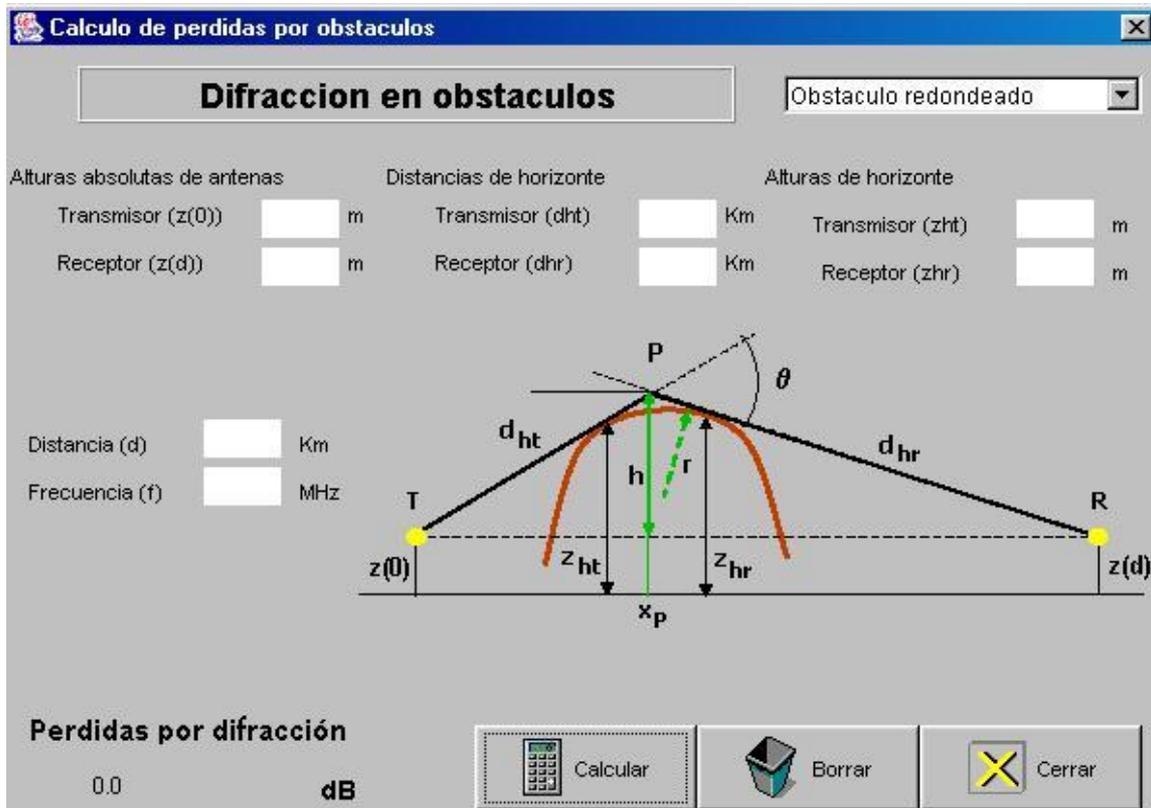


Figura 7.7: Diálogo de pérdidas en obstáculo redondeado

7.3.3 Pérdidas en dos aristas

Al seleccionar 'Dos aristas' en la lista desplegable de la esquina superior derecha de la pantalla, se nos mostrará la ventana representada en la Figura 7.8.

Para el cálculo basta con introducir los valores adecuados de los parámetros conforme al gráfico explicativo adjunto, y pulsar sobre el botón 'Calcular'. Si no han existido errores en la introducción de los datos, se obtendrá el valor de la atenuación adicional en la región inferior izquierda de la pantalla.

Además, en el cuadro de texto a la derecha del gráfico se mostrará la geometría del rayo directo (i.e. 'Rayo TR corta O1. Despejamiento insuficiente en O2'). Este dato es meramente informativo, si bien es utilizado internamente para la elección de un modelo de cálculo u otro.

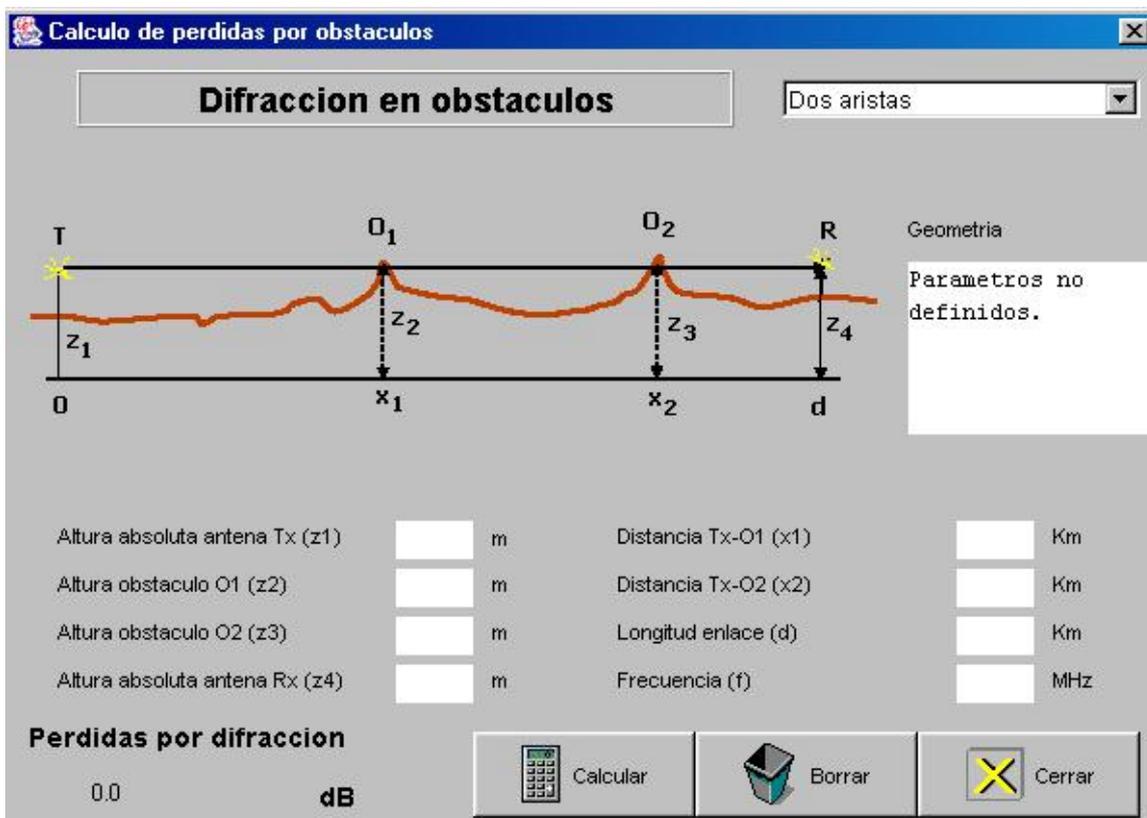


Figura 7.8: Diálogo de pérdidas en dos aristas

8 Panel Informe

Este Panel es el encargado de mostrar el informe con los cálculos del radioenlace realizados hasta el momento. Se encuentra dividido en 3 secciones, una por cada Panel de cálculo (Principal, Canal y Receptor). Cualquier modificación realizada en los Paneles de cálculo será actualizada de forma inmediata y transparente al usuario en su correspondiente sección del informe.

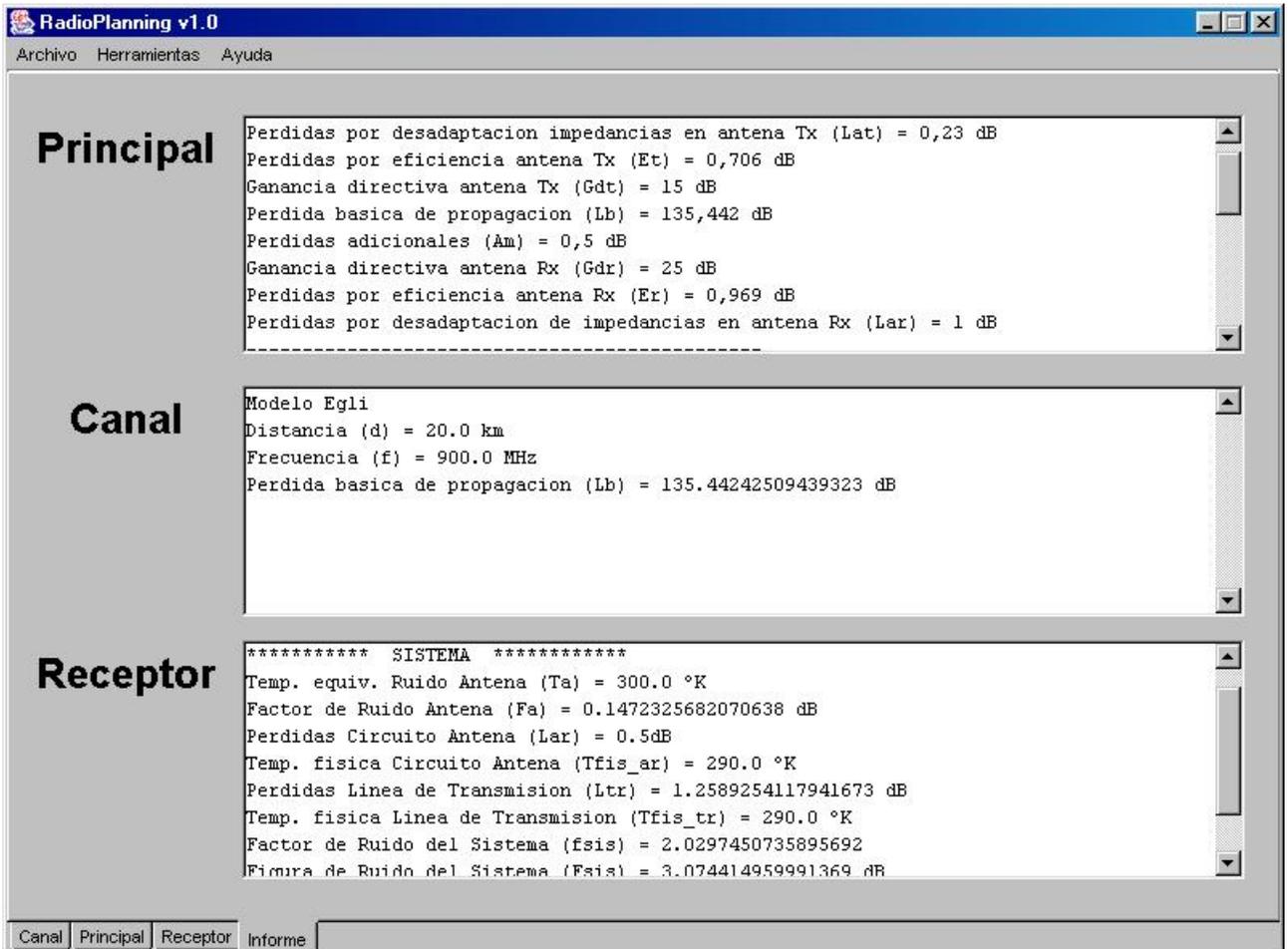


Figura 8.1: Panel Informe

8.1 Guardar Informe

Una facilidad ofrecida RadioPlanning es la posibilidad de generar un informe compacto con los datos reflejados en el Panel Informe en ese momento, almacenándose en un archivo en disco para su posterior consulta.

Para ello, en el momento en que se desee guardar el informe, se procederá de la siguiente forma:

- Pulsar sobre *Menu -> Archivo -> Guardar como...* (ver Figura 8.2). Al hacer esto aparecerá en pantalla una ventana de diálogo como la mostrada en la Figura 8.3.

- Buscar y seleccionar la carpeta en la cuál se desee almacenar el informe.

- Escribir el '*Nombre de archivo*'.

- Pulsar sobre el botón '*Guardar*'. El archivo se almacenará con la extensión propia de los informes de RadioPlanning (*.rpl) en la carpeta seleccionada.



Figura 8.2: Menú Archivo

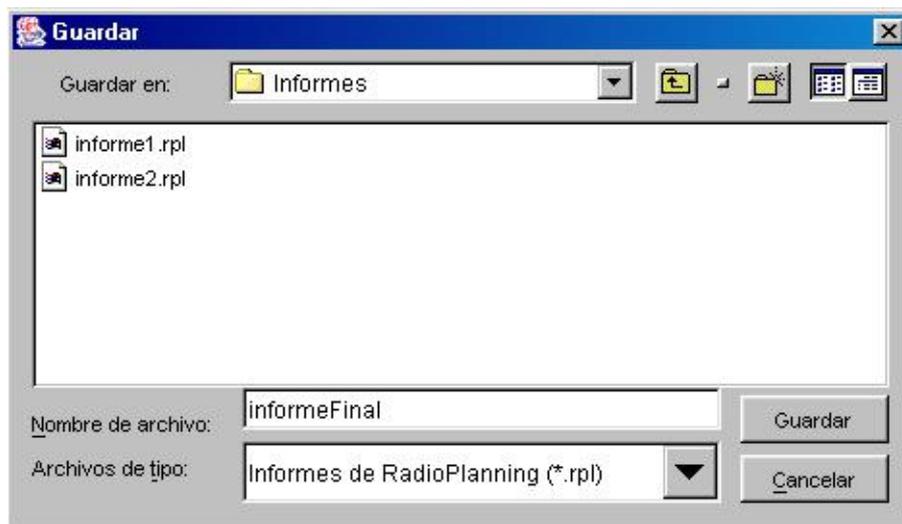


Figura 8.3: Diálogo Guardar fichero

8.2 Abrir Informe

Para consultar un Informe previamente guardado:

- Pulsar sobre *Menu -> Archivo -> Abrir...* (ver Figura 8.2), tras lo cuál aparecerá en pantalla una ventana de diálogo como la mostrada en la Figura 8.4.
- Buscar y seleccionar la carpeta donde se encuentre almacenado el informe. Sólo será visible en el explorador de disco la estructura de directorios y los archivos con extensión *.rpl.
- Una vez encontrado y seleccionado el archivo, pulsar sobre el botón '*Abrir*'.

Hecho esto aparecerá en pantalla una ventana de texto (ver Figura 8.5) sobre la que se presentará el informe.



Figura 8.4: Diálogo abrir fichero

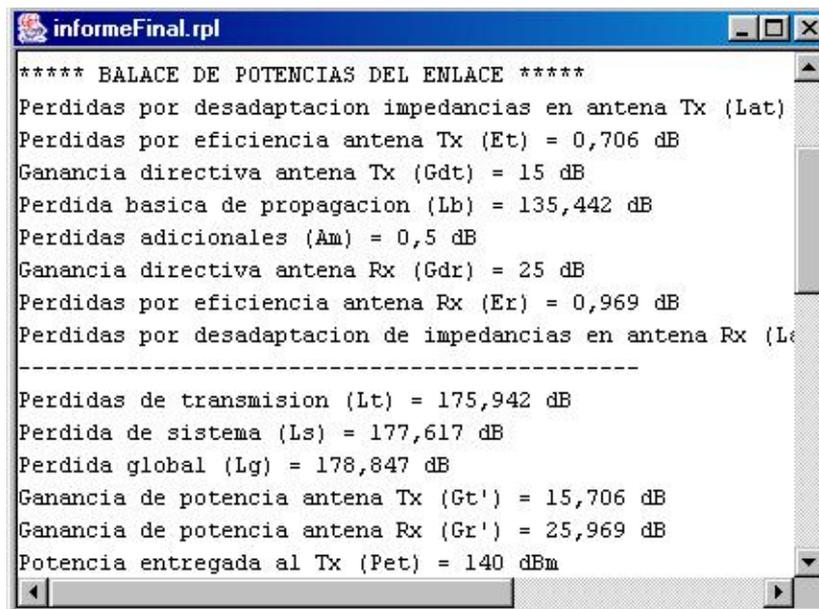


Figura 8.5: Ventana de presentación de informe