

# **Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales**



Anexos

**Bresly Lorena Mesa Mazo  
Daniel Orlando Díaz López**

Director: Víctor Manuel Quintero Flórez  
Asesor: Juan Carlos Corrales

*Universidad del Cauca*

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Telecomunicaciones  
Línea de Investigación: Gestión Integrada de Redes, Servicios y  
Arquitecturas de Telecomunicaciones  
GRIAL – Grupo de Radio e InALámbricas  
Popayán, Abril de 2009**

## TABLA DE CONTENIDO

<b><i>ANEXO A: MANUAL DE INSTALACIÓN Y USO</i></b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 INSTALACIÓN EN ARCGIS</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 USO DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE DE PLANEACIÓN RADIO PARA SISTEMAS         DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO EN AMBIENTES RURALES</b> .....	<b>6</b>
1.2.1 Generar un DEM en formato TIN.....	8
1.2.2 Cargar un DEM.....	12
1.2.3 Realizar análisis de visibilidad y obtener el perfil del trayecto .....	13
1.2.4 Cálculo de las Pérdidas de trayecto .....	17
1.2.5 Cálculo del Balance del Radioenlace .....	23
1.2.6 Herramientas para el manejo del DEM .....	26
<b><i>ANEXO B: MODELADO DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE</i></b> .....	<b>30</b>
<b>2.1 PRESENTACION DEL PROYECTO</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2 FLUJO DE TRABAJO: REQUERIMIENTOS</b> .....	<b>31</b>
2.2.1 Contexto del sistema .....	32
2.2.1.1 Modelo de Negocio.....	32
2.2.1.2 Modelo Conceptual.....	33
2.2.1.3 Listado de funciones del sistema .....	34
2.2.1.4 Requisitos no funcionales.....	35
2.2.2 Captura de Requerimientos basada en Casos de Uso.....	35
2.2.2.1 Actores del Sistema.....	35
2.2.2.2 Modelo de Casos de Uso .....	36
2.2.2.2.1 Descripción Resumida de los Casos de Uso .....	36
2.2.2.2.2 Descripción de la arquitectura .....	39
2.2.2.2.3 Prototipo de interface de usuario.....	49
<b>2.3 FLUJO DE TRABAJO: ANALISIS</b> .....	<b>52</b>
2.3.1 Paquetes de Análisis .....	52
2.3.2 Clases de Análisis .....	53
2.3.3 Análisis de Casos de Uso .....	54
2.3.3.1 Análisis del Caso de Uso Calcular perfil del trayecto.....	54
2.3.3.2 Análisis del Caso de Uso Determinar pérdidas de trayecto.....	56
2.3.3.3 Análisis del Caso de Uso calcular presupuesto del radioenlace.....	58

<b>2.4 FLUJO DE TRABAJO: DISEÑO.....</b>	<b>60</b>
2.4.1 Subsistemas de Diseño.....	60
2.4.2 Diseño del Caso de Uso Calcular perfil del trayecto.....	62
2.4.3 Diseño del Caso de Uso Determinar pérdidas de trayecto.....	64
2.4.4 Diseño del Caso de Uso Calcular Presupuesto del radioenlace .....	67
2.4.5 Diagrama General de Clases.....	70
<b>2.5 DIAGRAMA DE COMPONENTES .....</b>	<b>71</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Interfaz principal de ArcMAP 9.2 .....	1
Figura 2. Selección de la ventana de personalización.....	2
Figura 3. Ventana de dialogo de personalización .....	2
Figura 4. Selección de la librería .....	3
Figura 5. Confirmación de carga de la librería .....	3
Figura 6. Incorporación del comando <i>Line of Sight Profile</i> a la barra de herramientas .....	4
Figura 7. Comando <i>Line of Sight Profile</i> en la barra de herramientas.....	4
Figura 8. Interfaz principal de la Herramienta software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales .....	5
Figura 9. Mensaje de advertencia por controles ActiveX .....	5
Figura 10. Interfaz principal de la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales.....	6
Figura 11. Búsqueda de un archivo <i>.shp</i> .....	8
Figura 12. Curvas de nivel del Departamento del Cauca .....	9
Figura 13. Selección del ítem <i>Extensions</i> .....	9
Figura 14. Selección de la extensión <i>3D Analyst</i> .....	10
Figura 15. Selección de la utilidad <i>Create TIN from Features</i> .....	10
Figura 16. Configuración de parámetros del TIN .....	11
Figura 17. Despliegue del TIN en la aplicación ArcMAP .....	11
Figura 18. Herramientas para el manejo del DEM .....	12
Figura 19. Selección del DEM .....	12
Figura 20. DEM cargado en la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales.....	13
Figura 21. Datos de transmisor y receptor requeridos para la funcionalidad de análisis de línea de vista y obtención del perfil de trayecto. ....	14
Figura 22. Botones para el posicionamiento manual del transmisor ó el receptor.....	14
Figura 23. Selección del botón “LOS y Perfil del Trayecto” .....	14
Figura 24. Análisis de línea de vista entre el transmisor y el receptor.....	15
Figura 25. Acercamiento a los segmentos de línea de vista entre el transmisor y el receptor..	15
Figura 26. Ventanas emergentes del análisis de LOS .....	16
Figura 27. Perfil del Trayecto.....	16
Figura 28. Selección del modelo de propagación .....	17
Figura 29. Parámetros de entrada para los Friss y ECC33 .....	19
Figura 30. Parámetros de entrada del modelo de SUI .....	19
Figura 31. Parámetros de entrada del modelo de Ericsson .....	20
Figura 32. Parámetros de entrada del modelo de Lee .....	20
Figura 33. Parámetros de entrada del modelo de Longley Rice .....	21
Figura 34. Parámetros de entrada del modelo 2D Anderson .....	21
Figura 35. Selección del botón “Pérdidas de trayecto” .....	22
Figura 36. Resultados del cálculo de las pérdidas de trayecto.....	22
Figura 37. Interfaz con resultados del cálculo de las pérdidas de trayecto .....	23

Figura 38. Interfaz con todos los datos necesarios para el cálculo del balance del enlace .....	24
Figura 39. Selección del botón “Balance del Enlace” .....	24
Figura 40. Selección de los parámetros de disponibilidad .....	24
Figura 41. Resultados del cálculo de las pérdidas de trayecto .....	25
Figura 42. Resultados del balance del enlace .....	25
Figura 43. Interfaz principal de la herramienta con los datos del balance del enlace .....	26
Figura 44. Herramientas para el manejo del DEM .....	26
Figura 45. Ejemplo de vista general de un DEM .....	27
Figura 46. Selección de un área rectangular sobre el DEM .....	27
Figura 47. Ejemplo de acercamiento a un área específica del DEM .....	28
Figura 48. Ejemplo de eventos sobre la superficie del DEM .....	28
Figura 49. Ejemplo de información geográfica retornada de un punto sobre el DEM .....	29
Figura 50. Modelo de Casos de Uso de Negocio .....	32
Figura 51. Conceptos .....	33
Figura 52. Modelo conceptual .....	33
Figura 53. Diagrama de casos de uso .....	38
Figura 54. Interfaz principal del sistema .....	49
Figura 55. Interfaz para la identificación de un punto .....	50
Figura 56. Análisis de visibilidad desplegado sobre la interfaz principal .....	50
Figura 57. Interfaz de visualización del perfil del trayecto .....	50
Figura 58. Interfaz con los resultados de las pérdidas de trayecto .....	51
Figura 59. Interfaz de selección de los parámetros de disponibilidad .....	51
Figura 60. Interfaz con resultados del balance del radio enlace .....	51
Figura 61. Paquetes de análisis asociado al caso de uso gestionar DEM .....	52
Figura 62. Paquetes de análisis asociado al caso de uso ingresar datos .....	52
Figura 63. Paquetes de análisis asociado al caso de uso calcular perfil del trayecto .....	52
Figura 64. Paquetes de análisis asociado al caso de uso determinar pérdidas de trayecto .....	53
Figura 65. Paquetes de análisis asociado al caso de uso calcular presupuesto del radioenlace .....	53
Figura 66. Clases de análisis .....	53
Figura 67. Diagrama de secuencia del caso de uso calcular perfil del trayecto .....	54
Figura 68. Arquitectura del caso de uso calcular perfil del trayecto .....	55
Figura 69. Diagrama de secuencia del caso de uso determinar pérdidas de trayecto .....	56
Figura 70. Arquitectura del caso de uso determinar pérdidas de trayecto .....	57
Figura 71. Diagrama de secuencia del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace .....	58
Figura 72. Arquitectura del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace .....	59
Figura 73. Relación entre Subsistemas de Diseño .....	60
Figura 74. Diagrama de tres niveles del sistema .....	61
Figura 75. Diagrama de secuencia del caso de uso calcular perfil del trayecto .....	62
Figura 76. Diagrama de colaboración del caso de uso calcular perfil del trayecto .....	63
Figura 77. Diagrama de clases del caso de uso calcular perfil del trayecto .....	63
Figura 78. Diagrama de secuencia del caso de uso determinar pérdidas de trayecto .....	64
Figura 79. Diagrama de colaboración del caso de uso determinar pérdidas de trayecto .....	65
Figura 80. Diagrama clases del caso de uso determinar pérdidas de trayecto .....	66
Figura 81. Diagrama de secuencia del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace .....	67
Figura 82. Diagrama de colaboración del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace .....	68
Figura 83. Diagrama de clases del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace .....	69
Figura 84. Diagrama de general de clases .....	70
Figura 85. Diagrama de componentes .....	71

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Funciones del sistema .....	34
Tabla 2. Requisitos no funciones del sistema .....	35
Tabla 3. Descripción de los casos de uso .....	37
Tabla 4. Preguntas para la priorización de casos de uso.....	39
Tabla 5. Evaluación de preguntas.....	39
Tabla 6. Caso de uso Gestionar DEM .....	40
Tabla 7. Caso de uso Cargar.....	40
Tabla 8. Caso de uso ampliar.....	41
Tabla 9. Caso de uso mover.....	41
Tabla 10. Caso de uso marcar evento .....	42
Tabla 11. Caso de uso identificar punto .....	42
Tabla 12. Caso de uso obtener vista general .....	43
Tabla 13. Caso de uso ingresar datos .....	43
Tabla 14. Caso de uso ingresa datos del transmisor .....	44
Tabla 15. Caso de uso ingresa datos del receptor.....	44
Tabla 16. Caso de uso seleccionar modelo .....	45
Tabla 17. Caso de uso definir parámetros de modelo .....	45
Tabla 18. Caso de uso calcular perfil del trayecto.....	46
Tabla 19. Caso de uso determinar pérdidas de trayecto .....	47
Tabla 20. Caso de uso calcular presupuesto del radio enlace .....	48
Tabla 21. Caso de uso definir parámetros de disponibilidad .....	49
Tabla 22. Responsabilidad de las clases de análisis caso de uso calcular perfil del trayecto ....	55
Tabla 23. Responsabilidad de las clases de análisis del caso de uso determinas pérdidas de trayecto .....	57
Tabla 24. Responsabilidad de las clases de análisis del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace.....	59

## ANEXO A: MANUAL DE INSTALACIÓN Y USO

A continuación se describe el procedimiento para la instalación y el uso de la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales.

### 1.1 INSTALACIÓN EN ARCGIS

La Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales se distribuye en forma de componente, mediante un proyecto Librería de Enlace Dinámico (DLL, *Dynamic Linking Library*) ActiveX. Este proyecto DLL se puede agregar a ArcMAP y utilizarlo normalmente como cualquier otro comando. El procedimiento necesario para cargar esta librería es el siguiente:

1. Iniciar la aplicación ArcMAP del ArcGIS Desktop. La interfaz principal de la versión 9.2 se ilustra en la figura 1.

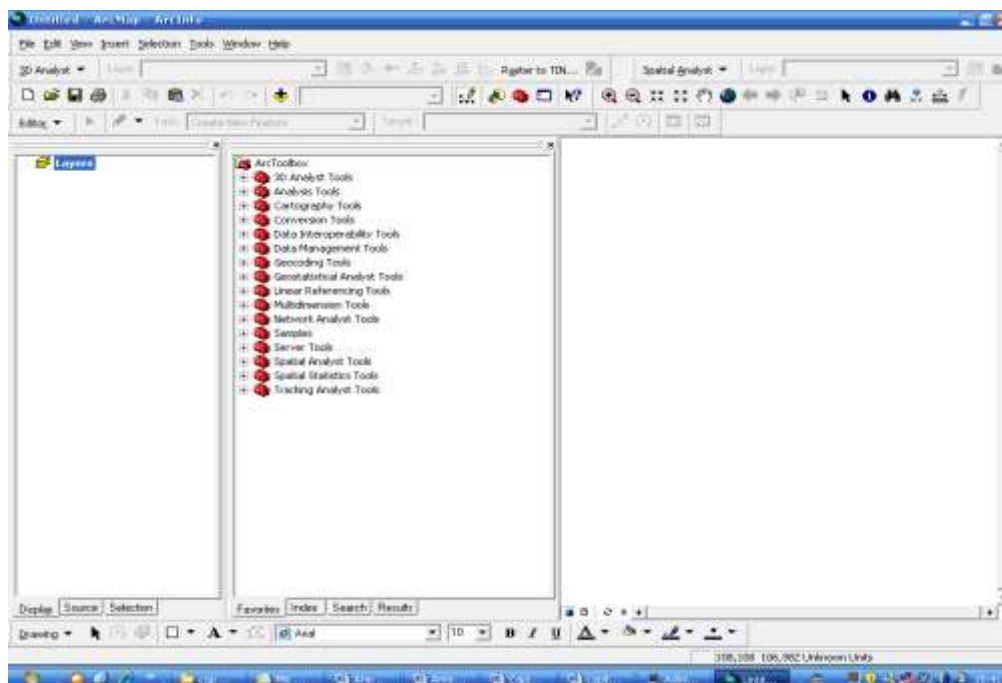


Figura 1. Interfaz principal de ArcMAP 9.2

2. Abrir la ventana de personalización (*Customize*), haciendo clic derecho sobre cualquier área de la barra de herramientas, como se muestra en la figura 2. La ventana de dialogo de personalización se muestra en la figura 3.

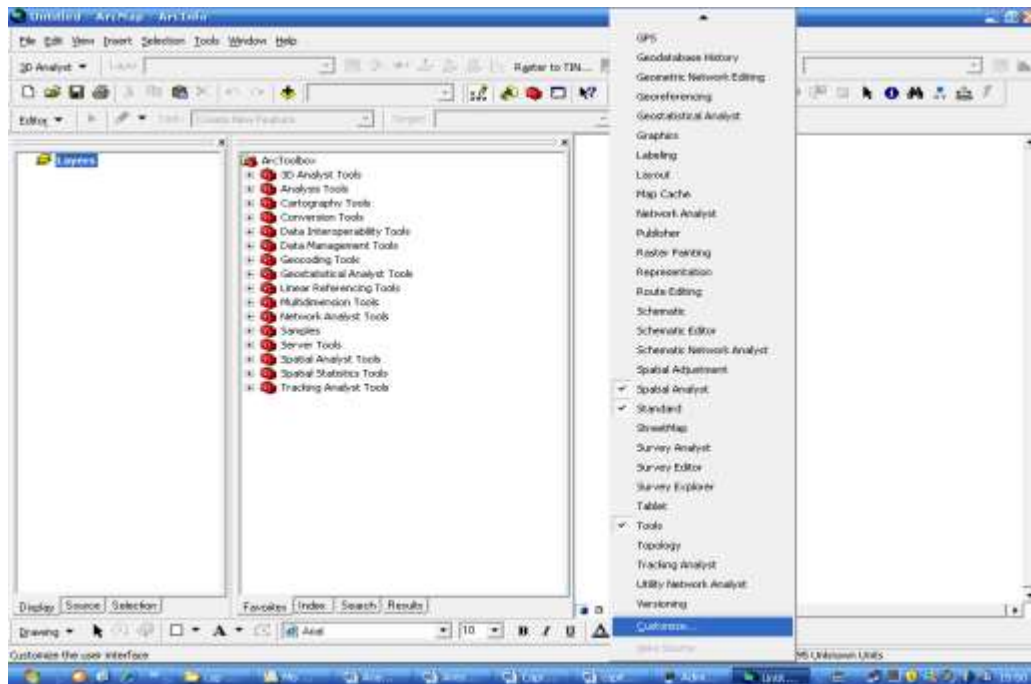


Figura 2. Selección de la ventana de personalización

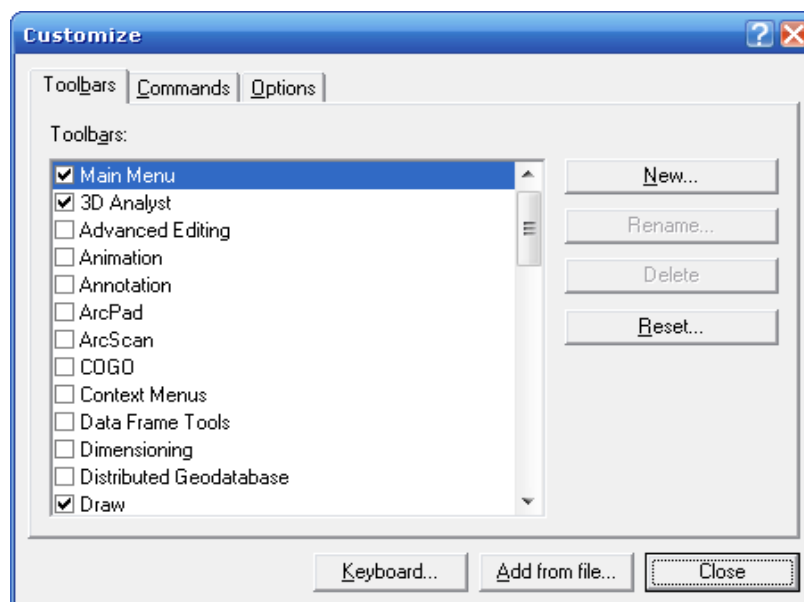
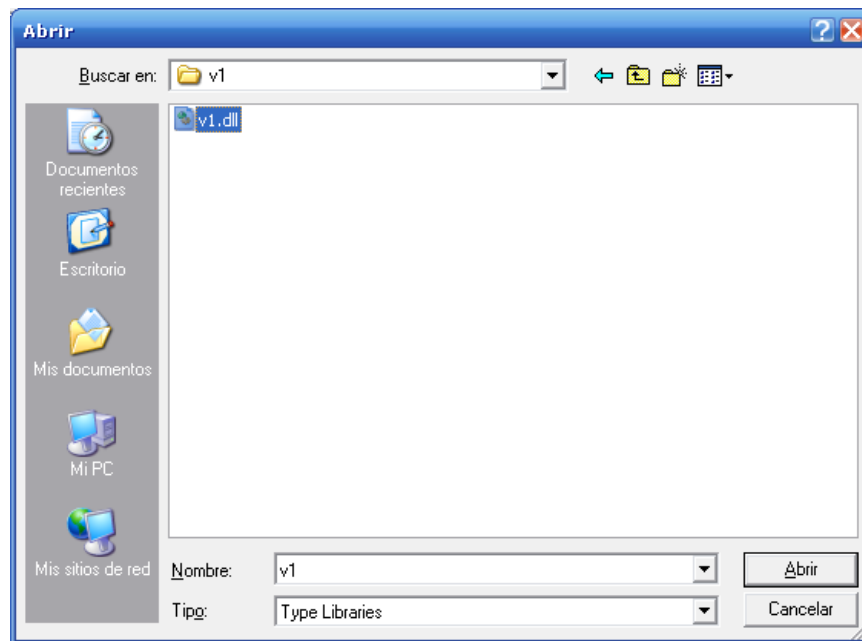


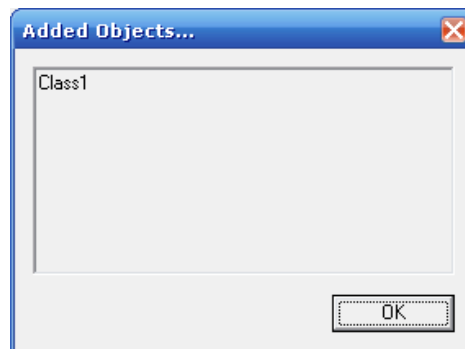
Figura 3. Ventana de dialogo de personalización



3. Hacer clic sobre el botón “Agregar desde un archivo” (*Add from file*). Se despliega una ventana de dialogo (figura 4) que permite seleccionar archivos de tipo librería. Para este caso se deberá seleccionar la librería v1.dll correspondiente a la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales. Posterior a su selección ArcGIS retornará un mensaje (figura 5) indicando el éxito de la operación de carga del componente.

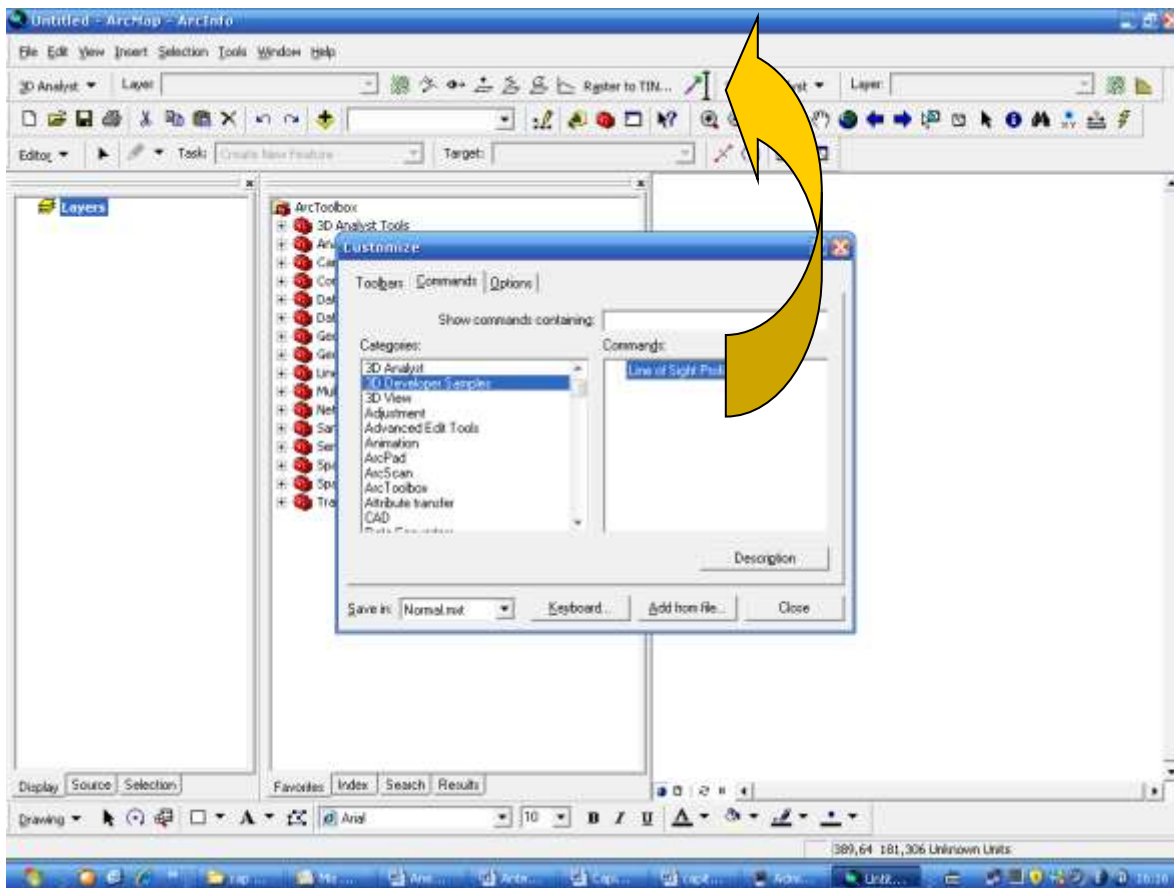


**Figura 4.** Selección de la librería



**Figura 5.** Confirmación de carga de la librería

4. En la ventana de dialogo de personalización se selecciona la etiqueta de comandos (*Commands*). Posteriormente se busca la categoría Ejemplos de desarrollador 3D (*3D Developer Samples*), se selecciona el comando Perfil Línea de vista (*Line of Sight Profile*) y se arrastra hasta un espacio en la barra de herramientas para que se incorpore a ella en forma de comando (figura 6). Cuando el comando aparece en la barra de herramientas (figura 7), ya se puede cerrar la caja de dialogo de personalización.

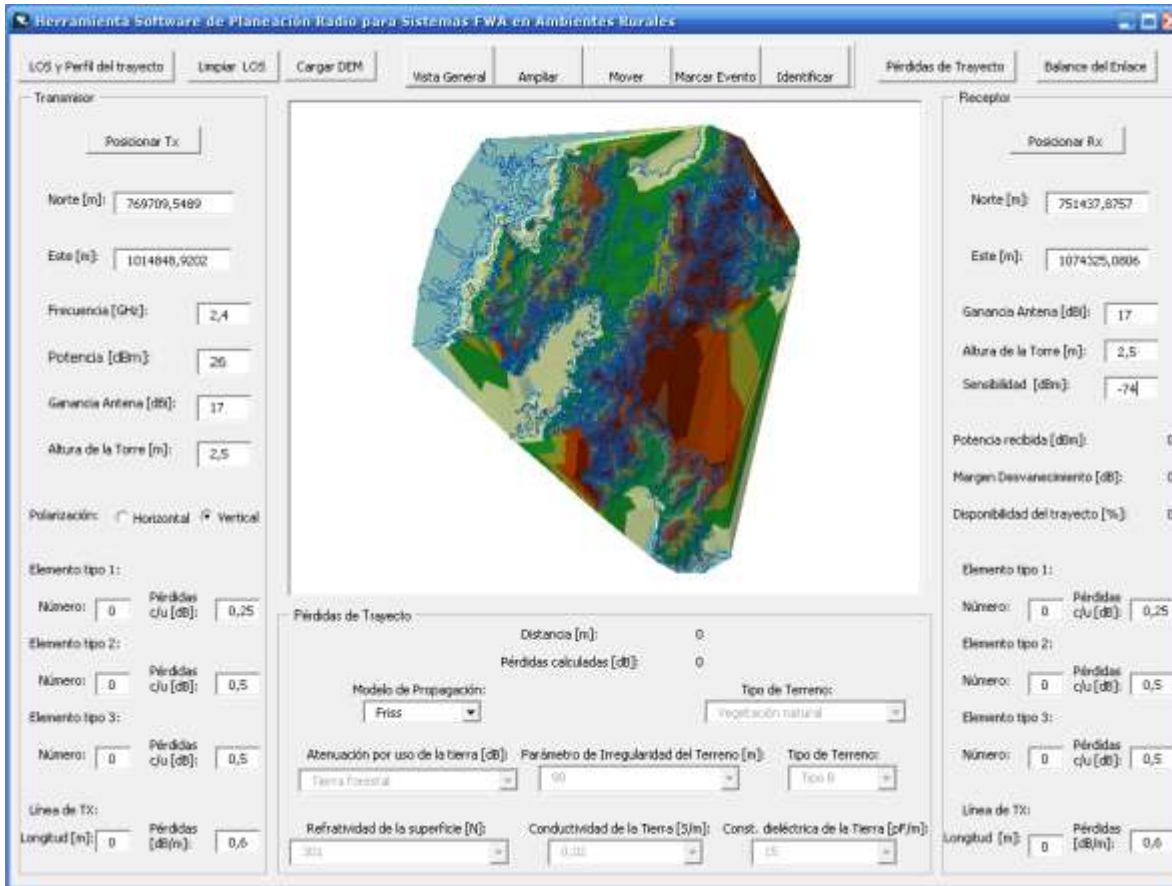


**Figura 6.** Incorporación del comando *Line of Sight Profile* a la barra de herramientas

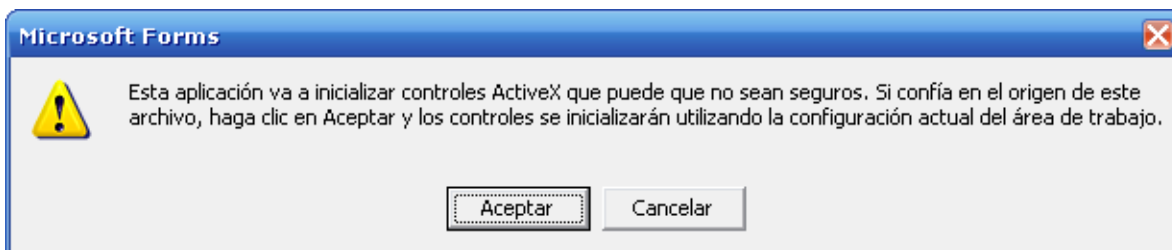


**Figura 7.** Comando *Line of Sight Profile* en la barra de herramientas

5. En este punto el comando ya se encuentra disponible para su uso y por lo tanto la mejor forma de probar que funciona es haciendo clic en él para que despliegue la interfaz de la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales (figura 8). En algunos casos antes de mostrar la interfaz de la herramienta aparece un mensaje de advertencia debido a la inicialización de los controles ActiveX con que cuenta la herramienta (figura 10).



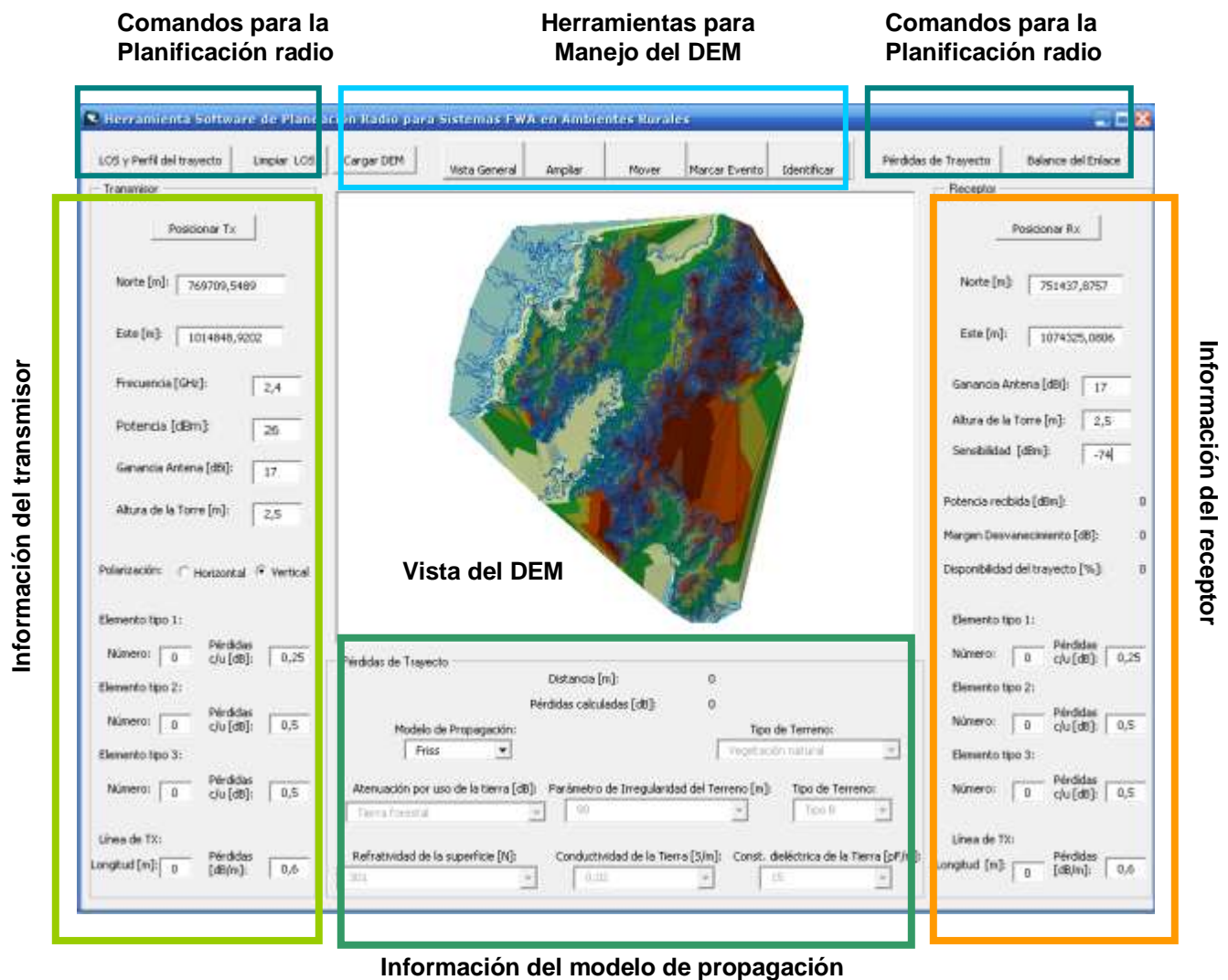
**Figura 8.** Interfaz principal de la Herramienta software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales



**Figura 9.** Mensaje de advertencia por controles ActiveX

## 1.2 USO DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE DE PLANEACIÓN RADIO PARA SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO EN AMBIENTES RURALES

La interfaz principal de la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales esta dividida en sectores que agrupan comandos y elementos de información según funcionalidades comunes. En la figura 10 se identifican los siguientes sectores: Información del transmisor, Información del receptor, Información del modelo de propagación (Pérdidas de Trayecto), vista del Modelo de Elevación Digital (DEM, *Digital Elevation Model*), Herramientas para manejo del DEM y Comandos para la planificación radio.



**Figura 10.** Interfaz principal de la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales

- Información del transmisor: Contiene todos los datos del sistema transmisor, tales como coordenadas según un Sistema de Coordenadas Planas ó Proyectadas: Norte (m) y Este (m), frecuencia de transmisión (Ghz), potencia a la salida del transmisor (dBm), ganancia de la antena (dBi), altura de la torre (m), tipo de polarización (vertical ó horizontal), número de elementos pasivos que introducen pérdidas y pérdidas introducidas por cada uno (dB) para tres tipos distintos de elementos (Ejemplo: conectores, supresores de descarga, adaptadores, etc.), longitud de la línea de transmisión (m) y pérdidas introducidas por la misma (dB/m).
- Información del modelo de propagación: Agrupa la información relacionada al tipo de modelo de propagación escogido para el cálculo de las pérdidas de trayecto. Entre sus campos se encuentran: tipo de modelo de propagación, tipo de terreno (para los Modelos Interinos de la Universidad de Stanford (SUI, *Stanford University Interim Models*)), parámetro de irregularidad del terreno (m), tipo de terreno (para el modelo de Ericsson), constante dieléctrica de la tierra (pF/m), conductividad de la tierra (S/m), refractividad de la superficie (N) y atenuación por uso de la tierra (dB).
- Información del receptor: Contiene todos los datos del sistema receptor, tales como coordenadas según un Sistema de Coordenadas Planas ó Proyectadas: Norte (m) y Este (m), sensibilidad (dBm), ganancia de la antena (dBi), altura de la torre (m), potencia recibida (dBm), margen de desvanecimiento (dB), disponibilidad del trayecto (%), número de elementos pasivos que introducen pérdidas y pérdidas introducidas por cada uno (dB) para tres tipos distintos de elementos (Ejemplo: conectores, supresores de descarga, adaptadores, etc.), longitud de la línea de transmisión (m) y pérdidas introducidas por la misma (dB/m).
- Herramientas para manejo del DEM: Contiene 6 herramientas aplicables al DEM: Cargar DEM, Vista general, Ampliar, Mover, Marcar evento e Identificar.
- Comandos para la planificación radio: agrupa 4 comandos identificados como sigue: Limpiar LOS, LOS y Perfil del trayecto, Pérdidas de trayecto y Balance del enlace.
- Vista del DEM: Corresponde al área designada para el despliegue del DEM mediante un control ActiveX llamado *MapControl*.

### 1.2.1 Generar un DEM en formato TIN

El DEM a utilizar tiene que estar en formato de Red Irregular Triangulada (TIN, Triangulated Irregular Network), lo que significa que en su producción se empleó el método de TIN para hacer la compresión de la información topográfica.

El empleo de este formato trae consigo la ventaja de que los puntos sobre la topografía del terreno están referidos a las características del terreno que son irregulares, los cuales en la cartografía tradicional no siempre están presentes de una manera precisa, razón por la cual es uno de los formatos recomendados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para el almacenamiento de datos topográficos. Por otro lado el manejo computacional de este formato es mucho más liviano y ello permite la obtención de resultados más rápidamente.

Un DEM en formato TIN puede ser obtenido a partir de curvas de nivel utilizando la utilidad: Crear TIN desde una capa de características (*Create TIN from Features*) de la extensión *3D Analyst* de la aplicación ArcMap, como se explica a continuación:

1. Iniciar la aplicación ArcMap y seleccionar el botón “Agregar dato” (*Add Data*) de la barra de herramientas, lo cual abrirá una ventana de dialogo con la cual se debe buscar un archivo (.shp) que contenga las curvas de nivel de un área geográfica específica (figura 11).

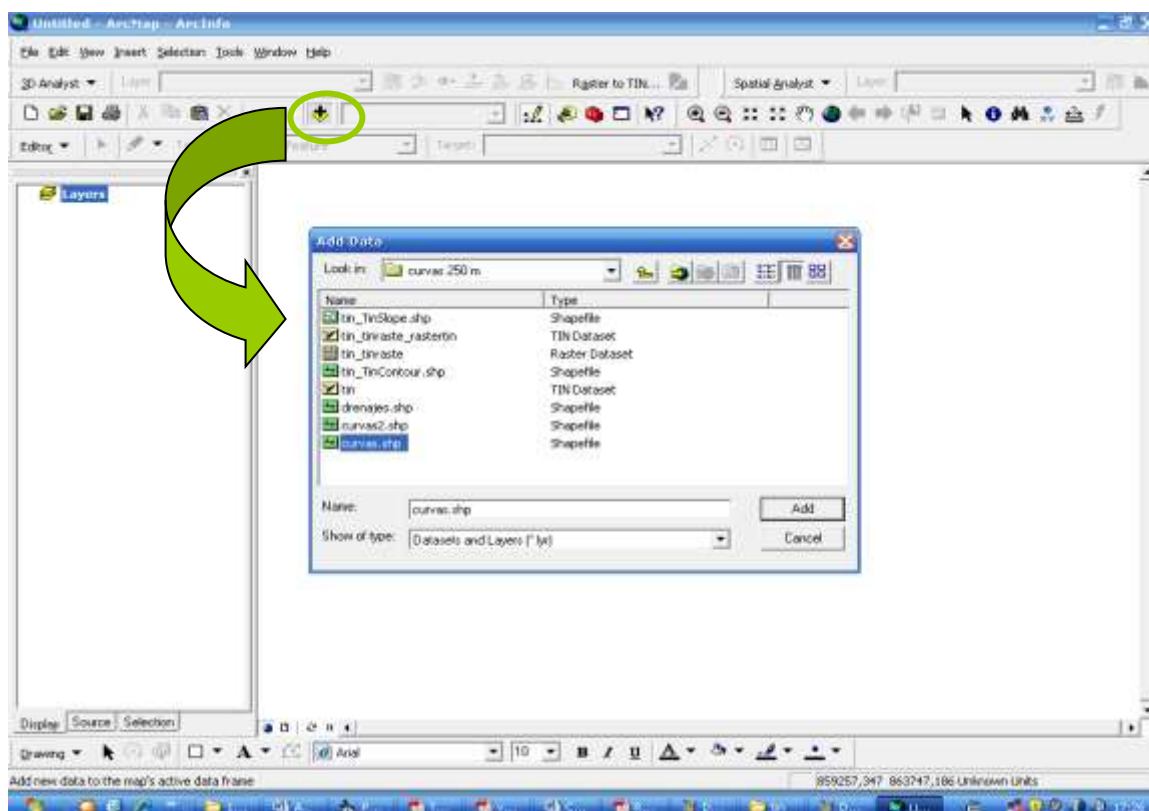


Figura 11. Búsqueda de un archivo .shp



2. Después de cargar las curvas de nivel, estas aparecerán en la ventana de ArcMap. En este caso se cargarán las curvas de nivel del departamento del Cauca con equidistancias de 250 m y un margen de error de 30 m (figura 12).

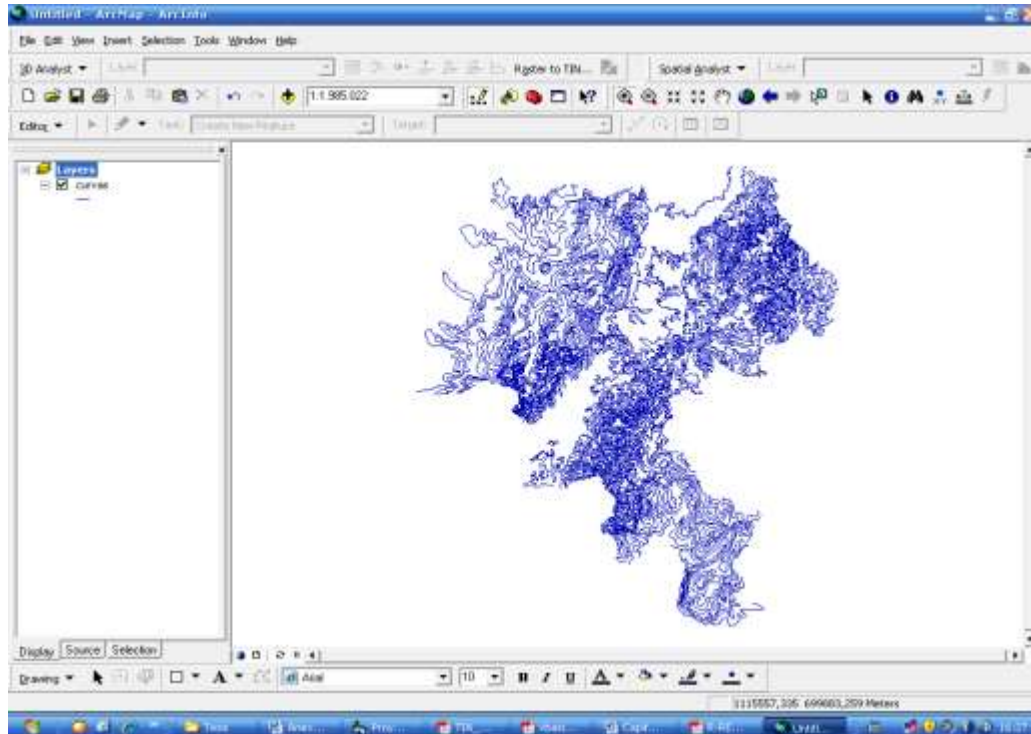


Figura 12. Curvas de nivel del Departamento del cauca

3. Para habilitar la extensión *3D Analyst*, se debe ir al menú herramientas (*Tools*) de la aplicación ArcMap y seleccionar el ítem extensiones (*Extensions*), como se ilustra en la figura 13. Esta acción abrirá una ventana que permite seleccionar las extensiones requeridas, que en este caso corresponde a la extensión *3D Analyst* (figura 14).

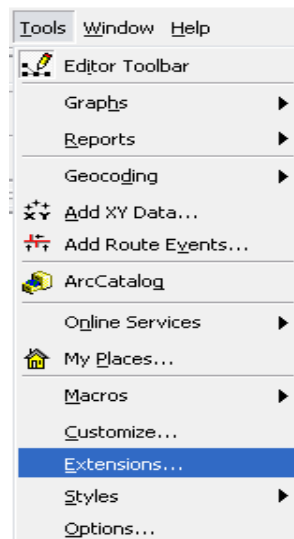
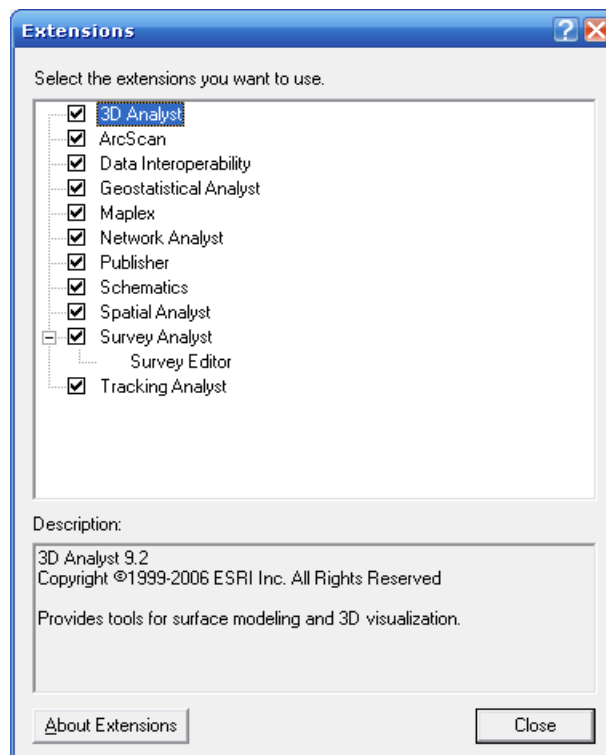
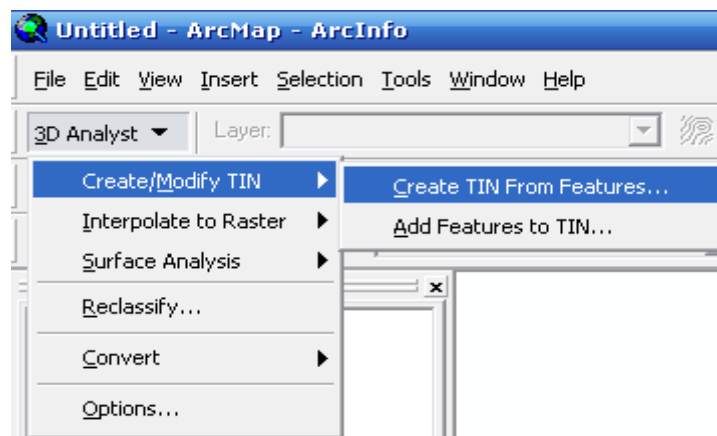


Figura 13. Selección del ítem *Extensions*



**Figura 14.** Selección de la extensión *3D Analyst*

4. Seleccionar la utilidad *Create TIN from Features* del menú *3D Analyst* de la aplicación ArcMap, como se indica en la figura 15.



**Figura 15.** Selección de la utilidad *Create TIN from Features*

5. La acción anterior abrirá una ventana que permite indicar el nombre de la capa a partir de la cual se va a generar el TIN. También permite seleccionar los parámetros del modelo TIN como: campo a partir del cual se va a obtener la altura (*Height Source*), tipo de línea empleada para la triangulación (*Triangulate as*) y ruta del archivo donde se almacenará el TIN generado (figura 16). Después de seleccionar estos parámetros se inicializará la creación del TIN, el cual se mostrará inmediatamente en la ventana de la aplicación ArcMap (figura 17).



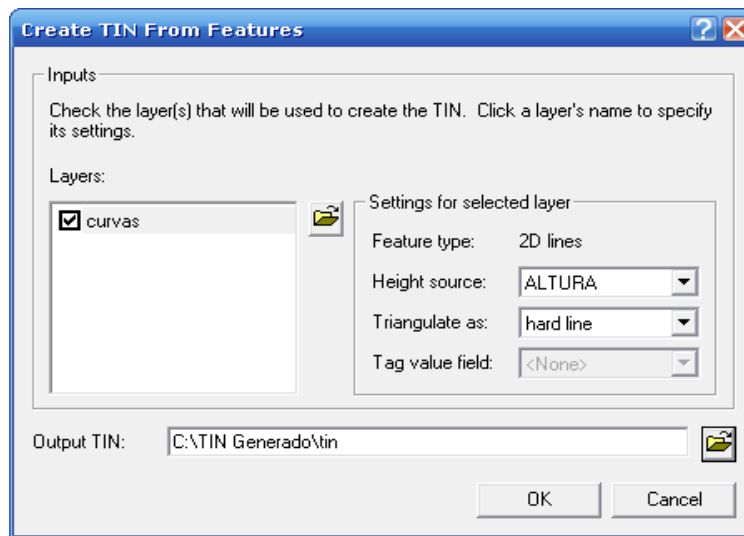


Figura 16. Configuración de parámetros del TIN

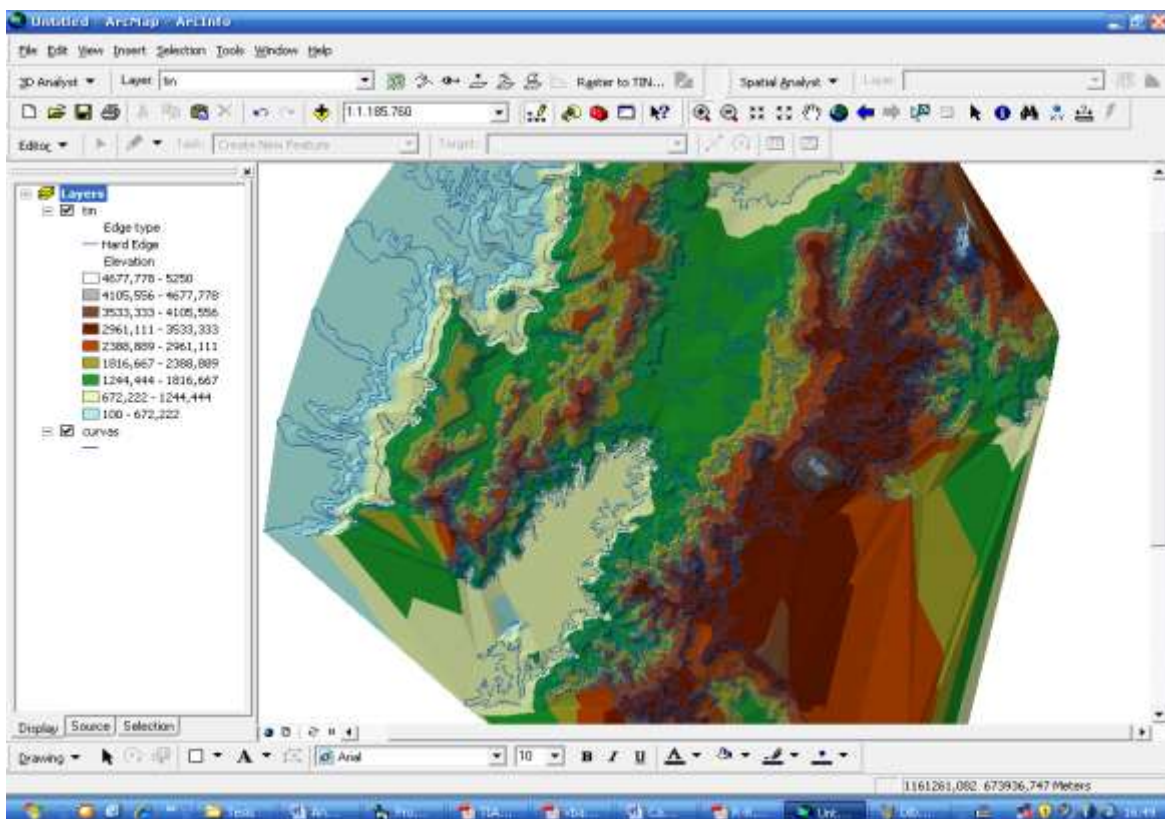
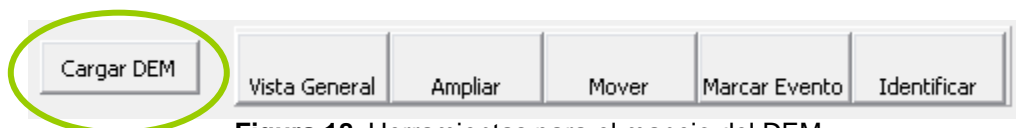


Figura 17. Despliegue del TIN en la aplicación ArcMAP

### 1.2.2 Cargar un DEM

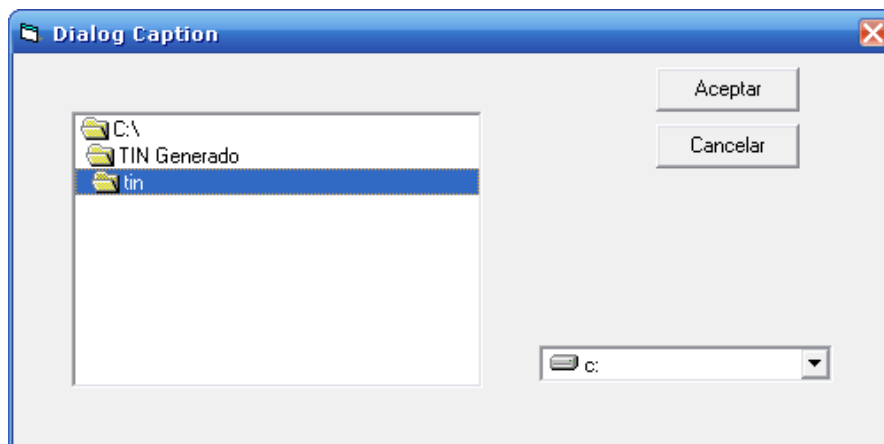
El proceso de Carga del DEM es el primer paso a realizar antes de utilizar cualquier otra funcionalidad de la herramienta puesto que sobre este modelo se realizarán todas las operaciones de cálculo del radioenlace ofrecidas por la herramienta. Este proceso se explica a continuación:

1. Seleccionar el botón “Cargar DEM” ubicado en el grupo de herramientas para el manejo del DEM (figura 18).



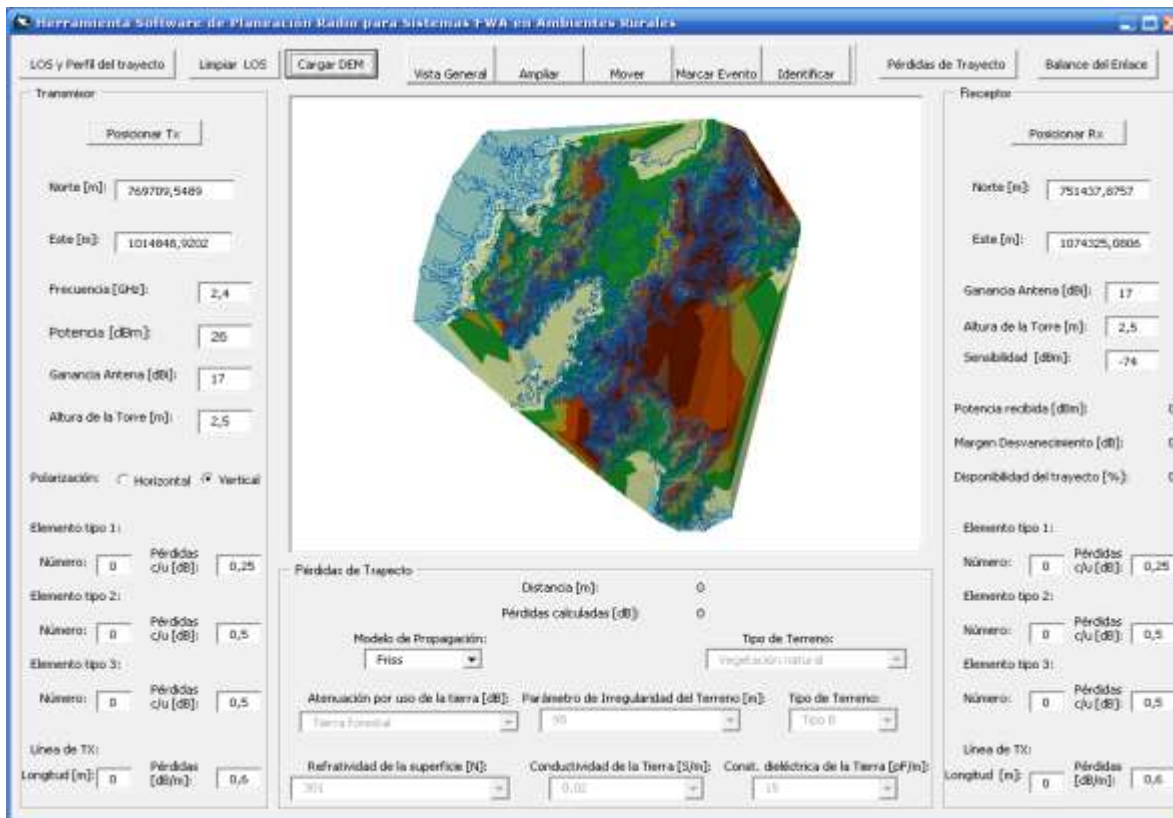
**Figura 18.** Herramientas para el manejo del DEM

2. Inmediatamente se abrirá una ventana de dialogo donde se debe seleccionar la unidad y la carpeta donde se encuentra el DEM (figura 19). Se debe recordar que el DEM a seleccionar se debe encontrar en formato TIN, tal como se explicó en la sección anterior.



**Figura 19.** Selección del DEM

3. El DEM seleccionado se visualizará inmediatamente en la interfaz principal de la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales, como se muestra en la figura 20.



**Figura 20.** DEM cargado en la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales.

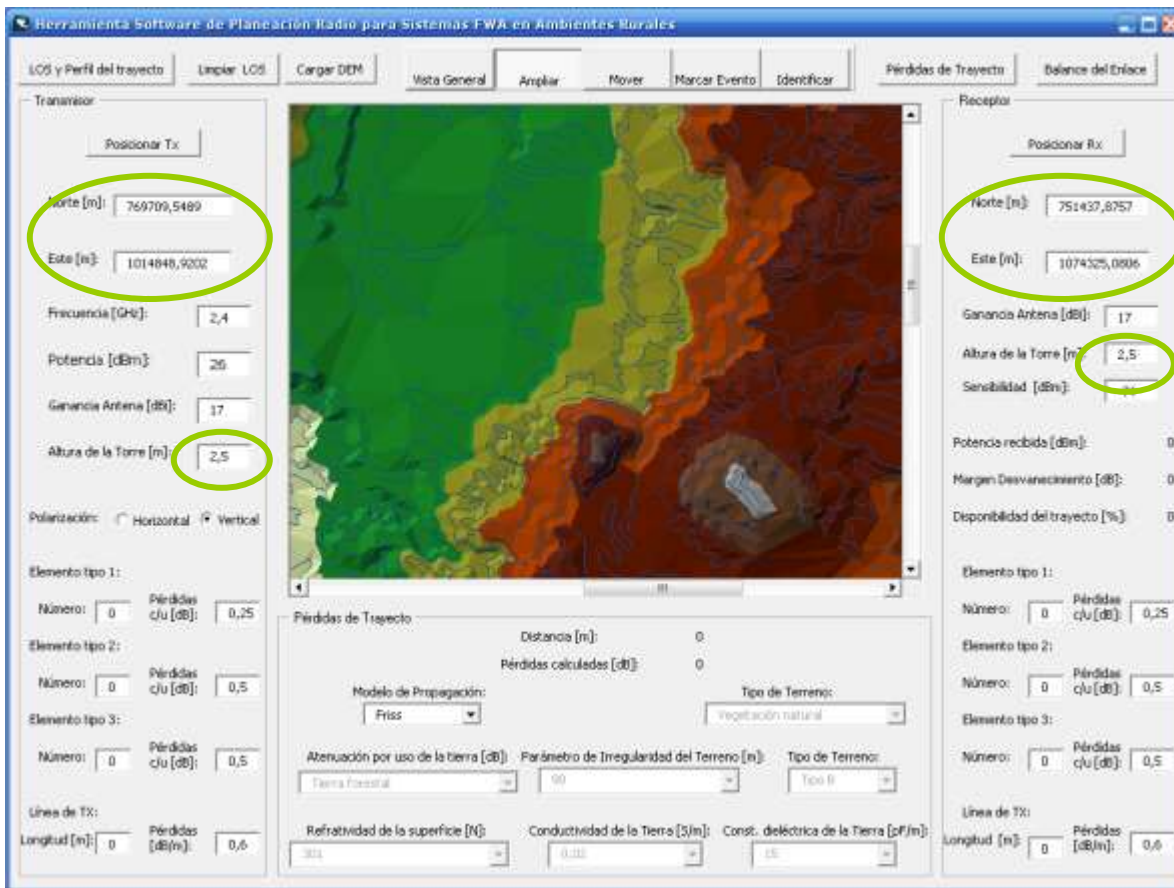
### 1.2.3 Realizar análisis de visibilidad y obtener el perfil del trayecto

Una de las funcionalidades más útiles que permite la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales es la determinación de la existencia de Línea de Vista (LOS, *Line of Sight*) y la extracción del perfil del trayecto entre los centros de los sistemas. Para ejecutar esta funcionalidad, el usuario debe haber cargado un DEM con formato TIN. El proceso de utilización de esta funcionalidad es el siguiente:

1. Ingresar los siguientes campos de información para el transmisor y el receptor en sus respectivas unidades, tal como se indica en la figura 21:

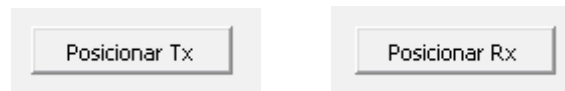
- Coordenadas según un Sistema de Coordenadas Planas ó Proyectadas: Norte (m) y Este (m).
- Altura de la torre (m).

**Nota:** Los otros campos de información que se encuentran en la interfaz de la herramienta son asignados por defecto en el momento de su inicialización, y no tienen ninguna influencia en la determinación de la existencia de LOS y la extracción del perfil del trayecto.



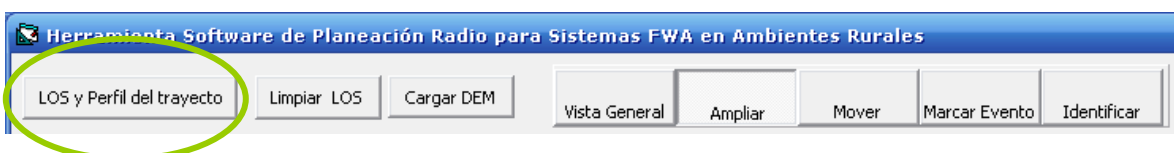
**Figura 21.** Datos de transmisor y receptor requeridos para la funcionalidad de análisis de línea de vista y obtención del perfil de trayecto.

Si se prefiere se puede ubicar al transmisor y al receptor de manera manual, haciendo clic en el botón “Posicionar TX” ó “Posicionar RX” (figura 22). De esta forma las coordenadas del punto ubicado sobre el mapa aparecerán en sus respectivas posiciones de coordenadas: Norte y Este.



**Figura 22.** Botones para el posicionamiento manual del transmisor ó el receptor

2. Seleccionar el botón “LOS y Perfil del trayecto”, como se indica en la figura 23.



**Figura 23.** Selección del botón “LOS y Perfil del Trayecto”



3. En este momento la herramienta comienza a realizar el análisis de línea de vista entre los dos puntos de ubicación del transmisor y receptor, dibujando una línea entre ellos y asignando colores a diferentes segmentos de la misma (figura 24 y 25), los cuales se explican de la siguiente manera:

- Los segmentos verdes son partes del trayecto entre el transmisor y el receptor que son visibles para ambos.
- Los segmentos rojos son partes del trayecto que no son visibles para al menos uno de los dos extremos (el transmisor ó el receptor)

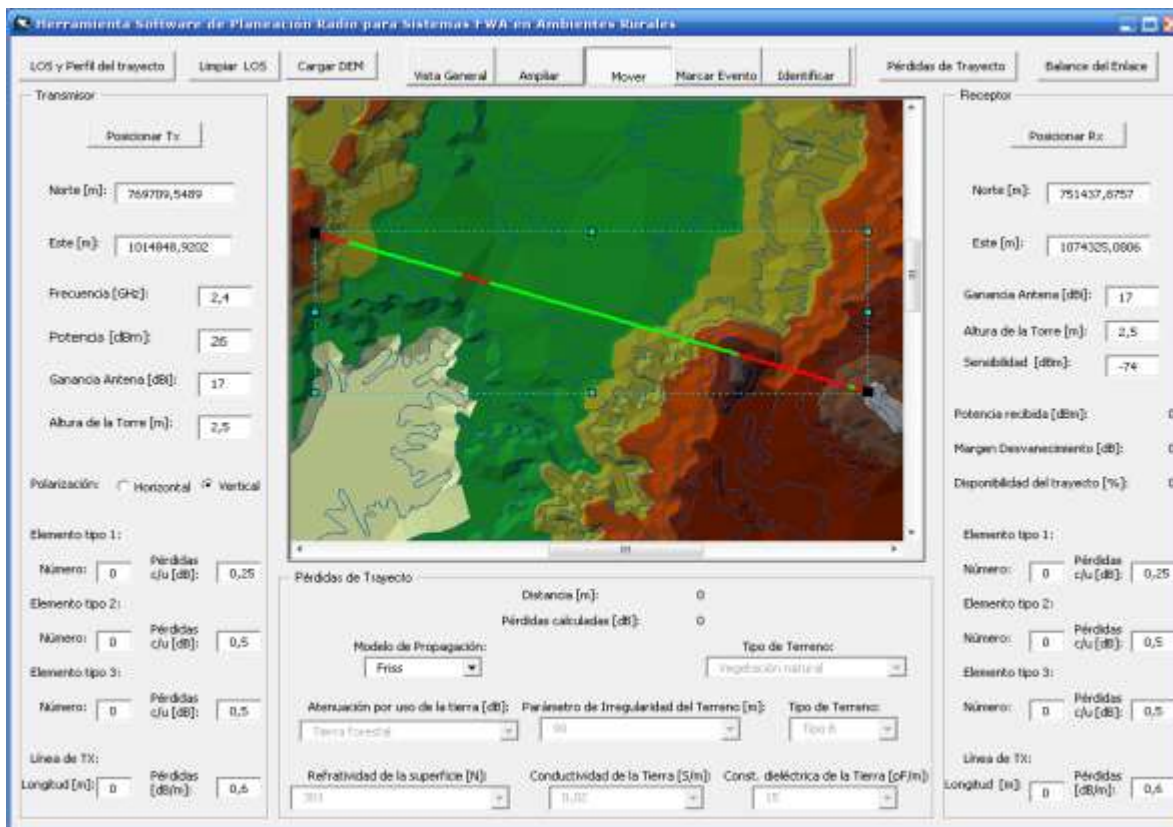
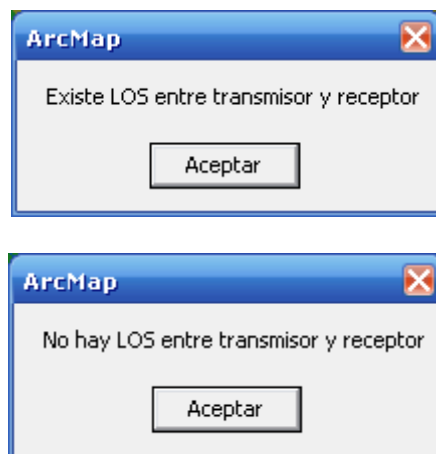


Figura 24. Análisis de línea de vista entre el transmisor y el receptor



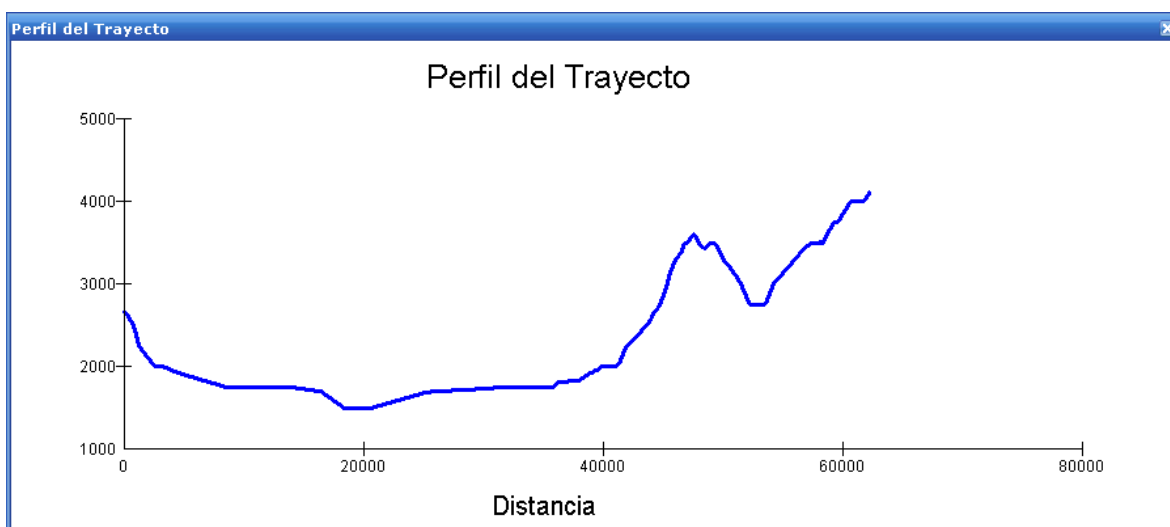
Figura 25. Acercamiento a los segmentos de línea de vista entre el transmisor y el receptor

Adicionalmente la herramienta desplegará una ventana emergente que indicará si existe ó no línea de vista óptica entre el transmisor y el receptor (figura 26).



**Figura 26.** Ventanas emergentes del análisis de LOS

Posterior al análisis de LOS, la herramienta extrae el perfil del trayecto entre el transmisor y el receptor, y abre una nueva ventana con la gráfica de la altura del perfil del trayecto (m) en función de la distancia (m), como se muestra en la figura 27.



**Figura 27.** Perfil del Trayecto

### 1.2.4 Cálculo de las Pérdidas de trayecto

Esta funcionalidad permite calcular las pérdidas de trayecto del radioenlace entre las posiciones del transmisor y el receptor, empleando para ello alguno de los 7 modelos de propagación disponibles: Espacio libre (Friss), SUI, ECC-33, Ericsson, Lee, Longley Rice y 2D Anderson. La selección de cada uno de estos modelos implica la habilitación de algunos campos de información que sirven como variables de entrada al modelo escogido. El procedimiento para el uso de esta funcionalidad es el siguiente:

1. Seleccionar alguno de los 7 modelos de propagación disponibles en el campo “Modelo de propagación”, como se muestra en la figura 28.



**Figura 28.** Selección del modelo de propagación

2. La utilización de cualquier modelo de propagación para calcular las pérdidas de trayecto requiere el ingreso de varios campos de información correspondientes a los parámetros de entrada de cada modelo. Sin embargo existen los siguientes parámetros que son comunes para todos los modelos y que por lo tanto serán requeridos en todos los casos:

- Coordenadas de transmisor y receptor según un Sistema de Coordenadas Planas ó Proyectadas: Norte (m) y Este (m).
- Altura de las torres de transmisión y recepción (m).
- Frecuencia (Ghz).

Estos parámetros corresponden a los requeridos por los modelos de Friss y ECC-33, tal como se ilustra en la figura 29. La información adicional de parámetros requerida por cada uno de los modelos restantes se detalla a continuación:

2.1. El cálculo de las pérdidas de trayecto por el modelo de SUI requiere la siguiente información adicional, como se ilustra en la figura 30.

- Tipo de Terreno.

2.2. El cálculo de las pérdidas de trayecto por el modelo de Ericsson requiere la siguiente información adicional, como se ilustra en la figura 31.

- Tipo de Terreno.

2.3. El cálculo de las pérdidas de trayecto por el modelo de Lee requiere la siguiente información adicional, como se ilustra en la figura 32.

- Potencia de transmisor (dBm).
- Ganancia de antena transmisora (dBi).
- Ganancia de antena receptora (dBi).

2.4. El cálculo de las pérdidas de trayecto por el modelo de Longley Rice requiere la siguiente información adicional, como se ilustra en la figura 33.

- Constante dieléctrica de la tierra (pF/m).
- Conductividad de la tierra (S/m).
- Refractividad de la superficie (N).
- Parámetro de irregularidad del terreno (m).
- Polarización de la señal transmitida.

2.5. El cálculo de las pérdidas de trayecto por el modelo de 2D Anderson requiere la siguiente información adicional, como se ilustra en la figura 34.

- Constante dieléctrica de la tierra (pF/m).
- Conductividad de la tierra (S/m).
- Atenuación por uso de la tierra (dB)
- Polarización de la señal transmitida.



Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas FWA en Ambientes Rurales

LOS y Perfil del trayecto Limpiar LOS Cargar DEM Vista General Ampliar Mover Marcar Evento Identificar Pérdidas de Trayecto Balance del Enlace

Transmisor

Posicionar Tx

Norte [m]: 769709,5489

Este [m]: 1014848,9202

Frecuencia [GHz]: 2,4

Potencia [dBm]: 26

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Polarización:  Horizontal  Vertical

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de TX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Pérdidas de Trayecto

Distancia [m]: 0

Pérdidas calculadas [dB]: 0

Modelo de Propagación: Friss

Tipo de Terreno: Vegetación natural

Atenuación por uso de la tierra [dB]: Parámetro de Irregularidad del Terreno [m]: Tipo de Terreno:

Tierra Forestal 90 Tipo II

Refractividad de la superficie [N]: Conductividad de la Tierra [S/m]: Const. dieléctrica de la Tierra [εF/m]:

30,1 0,102 15

Receptor

Posicionar Rx

Norte [m]: 751437,8757

Este [m]: 1074325,0806

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Sensibilidad [dBm]: -74

Potencia recibida [dBm]: 0

Margen Desvanecimiento [dB]: 0

Disponibilidad del trayecto [%]: 0

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de RX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Figura 29. Parámetros de entrada para los Friss y ECC33

Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas FWA en Ambientes Rurales

LOS y Perfil del trayecto Limpiar LOS Cargar DEM Vista General Ampliar Mover Marcar Evento Identificar Pérdidas de Trayecto Balance del Enlace

Transmisor

Posicionar Tx

Norte [m]: 769709,5489

Este [m]: 1014848,9202

Frecuencia [GHz]: 2,4

Potencia [dBm]: 26

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Polarización:  Horizontal  Vertical

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de TX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Pérdidas de Trayecto

Distancia [m]: 0

Pérdidas calculadas [dB]: 0

Modelo de Propagación: SU1

Tipo de Terreno: Vegetación natural

Atenuación por uso de la tierra [dB]: Parámetro de Irregularidad del Terreno [m]: Tipo de Terreno:

Tierra Forestal 90 Tipo II

Refractividad de la superficie [N]: Conductividad de la Tierra [S/m]: Const. dieléctrica de la Tierra [εF/m]:

30,1 0,102 15

Receptor

Posicionar Rx

Norte [m]: 751437,8757

Este [m]: 1074325,0806

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Sensibilidad [dBm]: -74

Potencia recibida [dBm]: 0

Margen Desvanecimiento [dB]: 0

Disponibilidad del trayecto [%]: 0

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de RX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Figura 30. Parámetros de entrada del modelo de SU1

Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas FWA en Ambientes Rurales

LOS y Perfil del trayecto Limpiar LOS Cargar DEM Vista General Ampliar Mover Marcar Evento Identificar Pérdidas de Trayecto Balance del Enlace

Transmisor

Posicionar Tx:

Norte [m]: 769709,5489

Este [m]: 1014848,9202

Frecuencia [GHz]: 2,4

Potencia [dBm]: 26

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Polarización:  Horizontal  Vertical

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de TX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Receptor

Posicionar Rx:

Norte [m]: 751437,8757

Este [m]: 1074325,0806

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Sensibilidad [dBm]: -74

Potencia recibida [dBm]: 0

Margen Desvanecimiento [dB]: 0

Disponibilidad del trayecto [%]: 0

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de TX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Pérdidas de Trayecto

Distancia [m]: 0

Pérdidas calculadas [dB]: 0

Modelo de Propagación: Ericsson

Atenuación por uso de la tierra [dB]: Parámetro de Irregularidad del Terreno [m]: Tipo de Terreno: Vegetación natural

Tierra Forestal 90 Bosques Arbustos Cultivos, siembras, huertas Vegetación natural Salares Desierto, espacio abierto Lagos, ríos Mar

Refractividad de la superficie [N]: Conductividad de la Tierra [S/m]: Const. dieléctrica de la Tierra [εF/m]:

301 0,102 1%

Figura 31. Parámetros de entrada del modelo de Ericsson

Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas FWA en Ambientes Rurales

LOS y Perfil del trayecto Limpiar LOS Cargar DEM Vista General Ampliar Mover Marcar Evento Identificar Pérdidas de Trayecto Balance del Enlace

Transmisor

Posicionar Tx:

Norte [m]: 769709,5489

Este [m]: 1014848,9202

Frecuencia [GHz]: 2,4

Potencia [dBm]: 26

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Polarización:  Horizontal  Vertical

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de TX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Receptor

Posicionar Rx:

Norte [m]: 751437,8757

Este [m]: 1074325,0806

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Sensibilidad [dBm]: -74

Potencia recibida [dBm]: 0

Margen Desvanecimiento [dB]: 0

Disponibilidad del trayecto [%]: 0

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de TX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Pérdidas de Trayecto

Distancia [m]: 0

Pérdidas calculadas [dB]: 0

Modelo de Propagación: Lee

Atenuación por uso de la tierra [dB]: Parámetro de Irregularidad del Terreno [m]: Tipo de Terreno: Tipo II

Tierra Forestal 90 Tipo de Terreno: Tipo II

Refractividad de la superficie [N]: Conductividad de la Tierra [S/m]: Const. dieléctrica de la Tierra [εF/m]:

301 0,102 1%

Figura 32. Parámetros de entrada del modelo de Lee



Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas FWA en Ambientes Rurales

LOG y Perfil del trayecto Limpia LOG Cargar DEM Vista General Ampliar Mover Marcar Evento Identificar Pérdidas de Trayecto Balance del Enlace

Transmisor

Posicionar Tx

Norte [m]: 769709,5489

Este [m]: 1014846,9202

Frecuencia [GHz]: 2,4

Potencia [dBm]: 26

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Polarización:  Horizontal  Vertical

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de TX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Receptor

Posicionar Rx

Norte [m]: 751437,8757

Este [m]: 1074325,8806

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Sensibilidad [dBm]: -74

Potencia recibida [dBm]: 0

Margen Desvanecimiento [dB]: 0

Disponibilidad del trayecto [%]: 0

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de RX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Pérdidas de Trayecto

Distancia [m]: 0

Pérdidas calculadas [dB]: 0

Modelo de Propagación: Longley Rice

Tipo de Terreno: Vegetación natural

Atenuación por uso de la tierra [dB]: Tierra forestal

Parámetro de Irregularidad del Terreno [m]: Solano [0]

Tipo de Terreno: Tipo II

Refractividad de la superficie [N]: 3,0

Conductividad de la Tierra [S/m]: 15

Figura 33. Parámetros de entrada del modelo de Longley Rice

Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas FWA en Ambientes Rurales

LOG y Perfil del trayecto Limpia LOG Cargar DEM Vista General Ampliar Mover Marcar Evento Identificar Pérdidas de Trayecto Balance del Enlace

Transmisor

Posicionar Tx

Norte [m]: 769709,5489

Este [m]: 1014846,9202

Frecuencia [GHz]: 2,4

Potencia [dBm]: 26

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Polarización:  Horizontal  Vertical

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de TX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Receptor

Posicionar Rx

Norte [m]: 751437,8757

Este [m]: 1074325,8806

Ganancia Antena [dBi]: 17

Altura de la Torre [m]: 2,5

Sensibilidad [dBm]: -74

Potencia recibida [dBm]: 0

Margen Desvanecimiento [dB]: 0

Disponibilidad del trayecto [%]: 0

Elemento tipo 1:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,25

Elemento tipo 2:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Elemento tipo 3:

Número: 0 Pérdidas c/u [dB]: 0,5

Línea de RX:

Longitud [m]: 0 Pérdidas [dB/m]: 0,6

Pérdidas de Trayecto

Distancia [m]: 0

Pérdidas calculadas [dB]: 0

Modelo de Propagación: 2D anderson

Tipo de Terreno: Vegetación natural

Atenuación por uso de la tierra [dB]: Tierra forestal

Parámetro de Irregularidad del Terreno [m]: Solano [0]

Tipo de Terreno: Tierra pobre [15]

Refractividad de la superficie [N]: 3,0

Conductividad de la Tierra [S/m]: 0,02

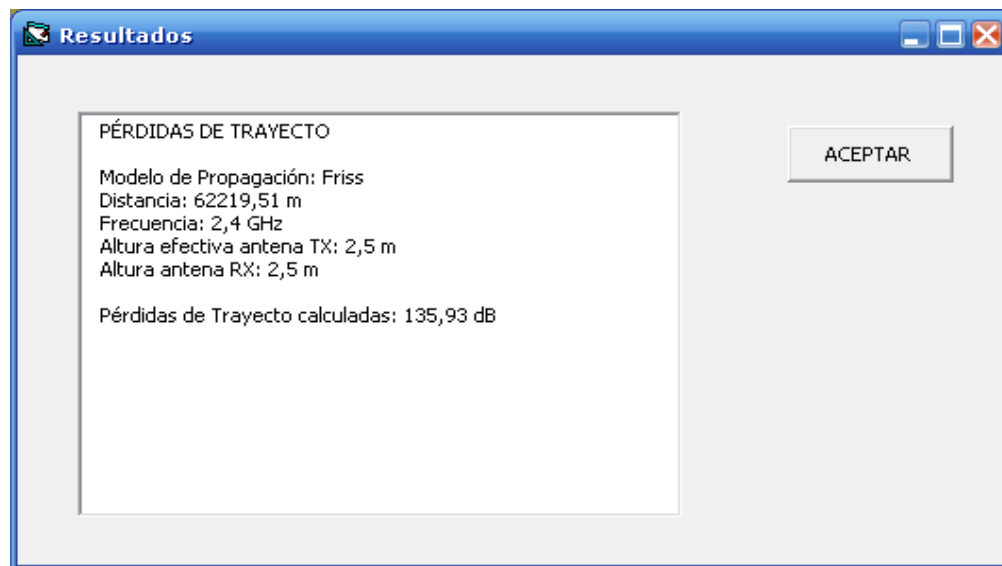
Figura 34. Parámetros de entrada del modelo 2D Anderson

2. Después de haber ingresado la anterior información según el modelo de propagación escogido, se debe hacer clic en el botón “Pérdidas de Trayecto” del sector de comandos para la planificación del radio enlace (figura 35).

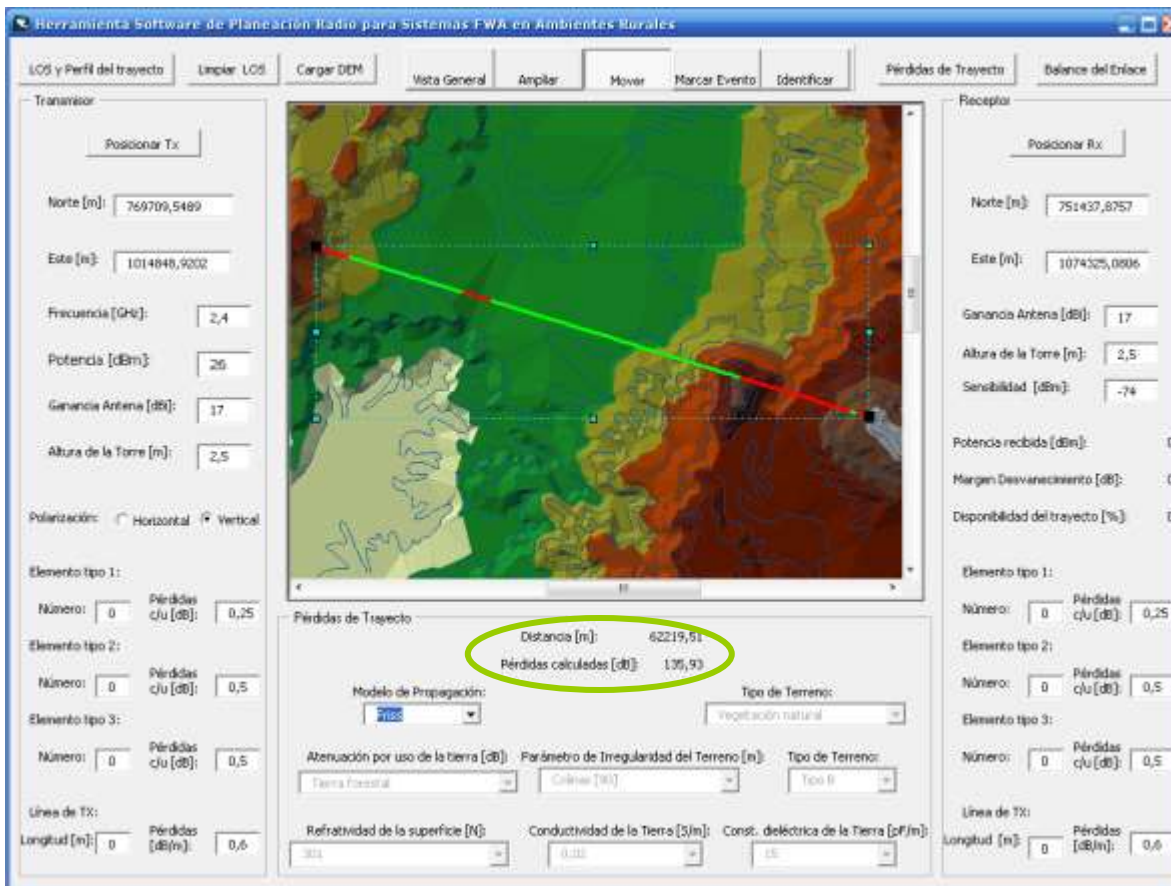


**Figura 35.** Selección del botón “Pérdidas de trayecto”

Esta acción calcula las pérdidas de trayecto según el modelo de propagación escogido y retorna una ventana con los datos de entrada al modelo escogido y las pérdidas calculadas por dicho modelo (figura 36). Además se mostrará el valor de las pérdidas en la etiqueta “Pérdidas calculadas [dB]”, el valor de la distancia calculada en la etiqueta “Distancia [m]” y la línea resultante del análisis de LOS con sus segmentos en colores, como se muestra en la figura 37.



**Figura 36.** Resultados del cálculo de las pérdidas de trayecto

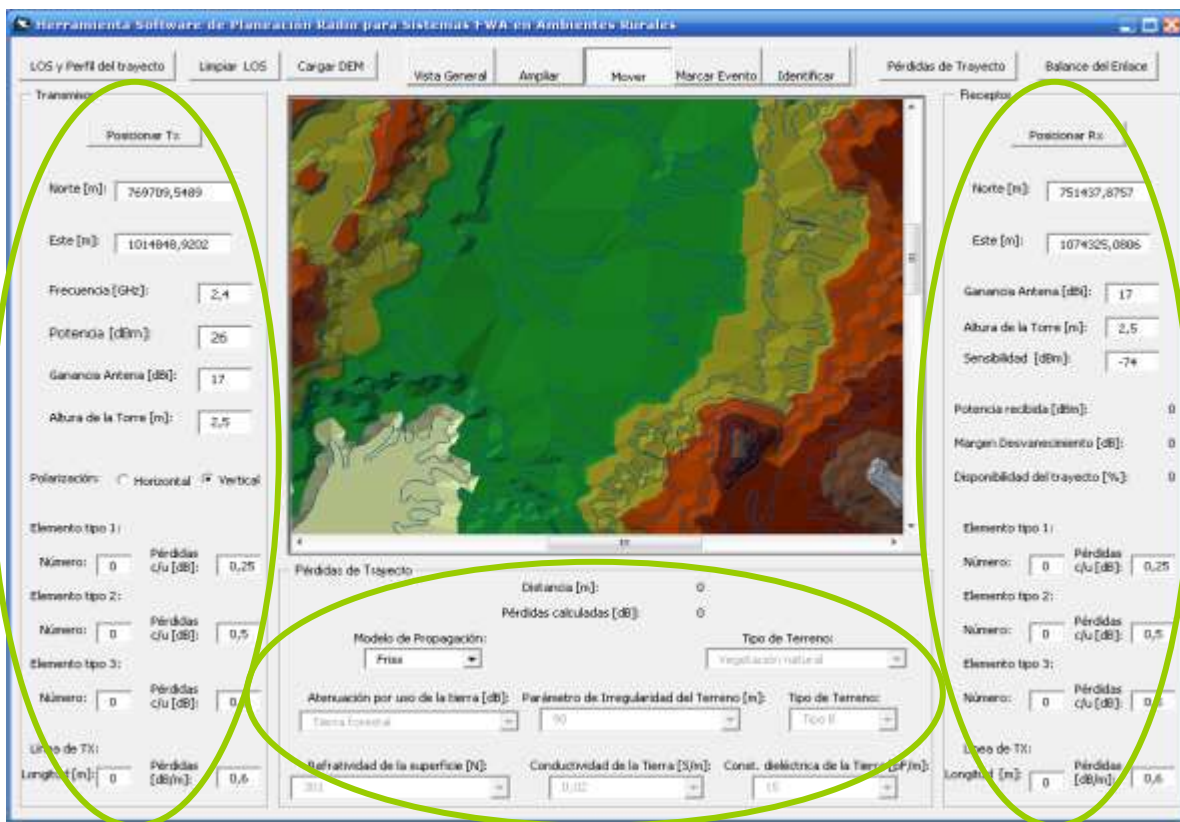


**Figura 37.** Interfaz con resultados del cálculo de las pérdidas de trayecto

### 1.2.5 Cálculo del Balance del Radioenlace

La última funcionalidad de la Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales es el cálculo del balance del radioenlace, consistente en determinar la potencia en recepción, el margen de desvanecimiento obtenido y la disponibilidad de trayecto calculada. El procedimiento para ejecutar esta funcionalidad es el siguiente:

1. Ingresar la información completa del sistema transmisor, receptor y el modelo de propagación a utilizar, como se indica en la figura 38.



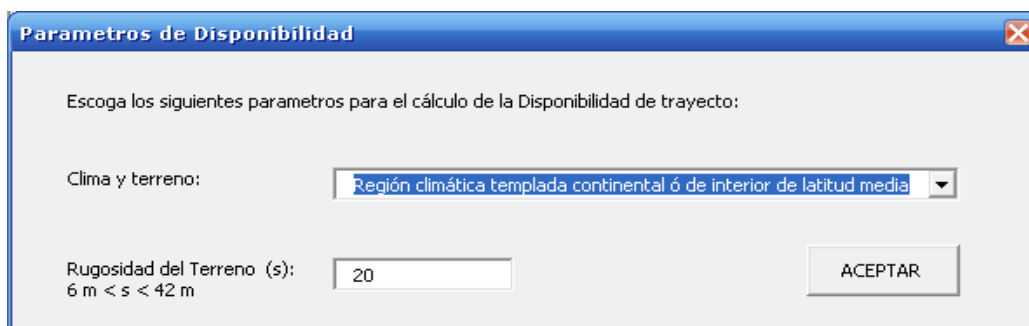
**Figura 38.** Interfaz con todos los datos necesarios para el cálculo del balance del enlace

2. Seleccionar el botón “Balance del Enlace” del sector de comandos para la planificación del radio enlace (figura 39).



**Figura 39.** Selección del botón “Balance del Enlace”

3. Esta acción desplegará una ventana (figura 40) donde se deben seleccionar los parámetros necesarios para el cálculo de la disponibilidad del trayecto.

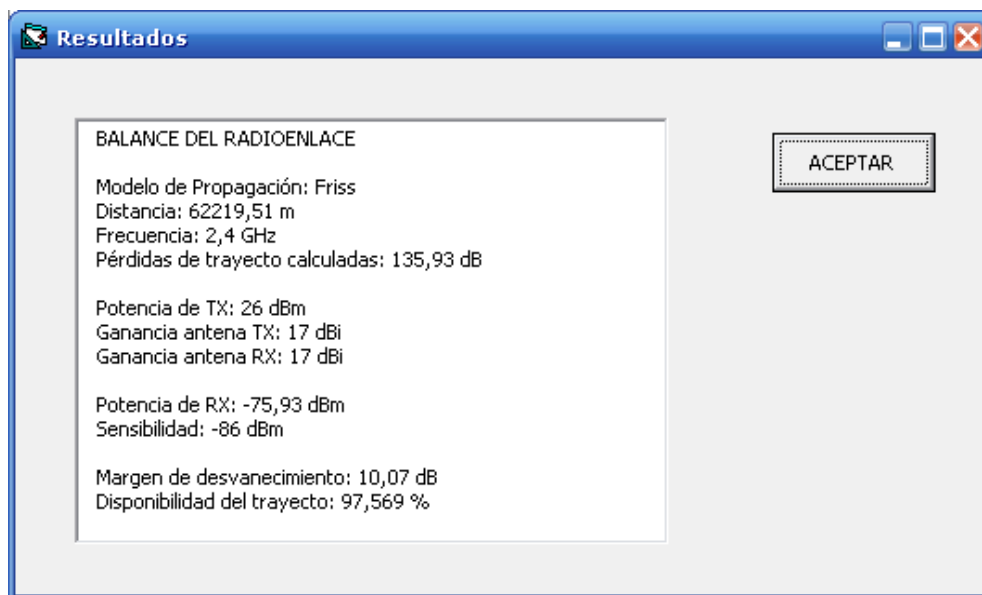


**Figura 40.** Selección de los parámetros de disponibilidad

Finalmente la herramienta lee todos los datos ingresados por el usuario y calcula la potencia en recepción, el margen de desvanecimiento y la disponibilidad del trayecto. En este proceso muestra la ventana de resultados de pérdidas de trayecto calculadas por el modelo de propagación escogido (figura 41) y posteriormente desplegará la ventana con los resultados del balance del enlace (figura 42). Además se representan estos resultados en las etiquetas: Potencia recibida (dBm), Margen desvanecimiento (dB) y Disponibilidad del trayecto (%), de la interfaz principal de la Herramienta, como se ilustra en la figura 43.



**Figura 41.** Resultados del cálculo de las pérdidas de trayecto



**Figura 42.** Resultados del balance del enlace



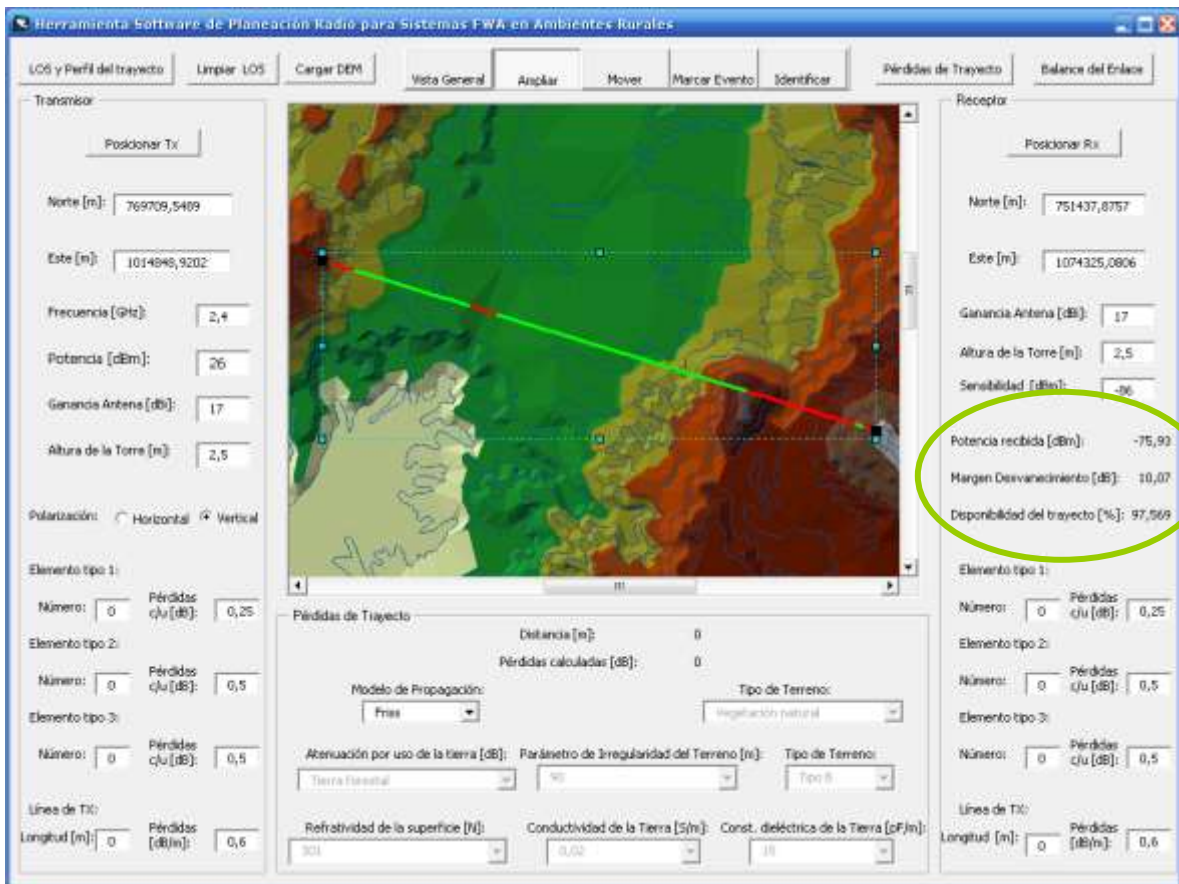


Figura 43. Interfaz principal de la herramienta con los datos del balance del enlace

### 1.2.6 Herramientas para el manejo del DEM

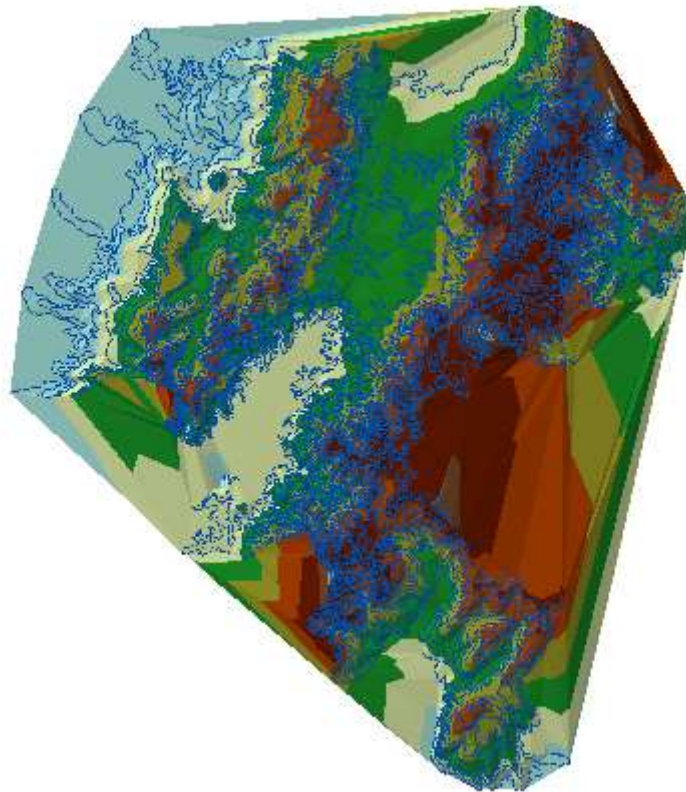
La Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales cuenta con 6 herramientas para la manipulación del DEM, que se ilustran en la figura 44. La primera herramienta se denomina Cargar DEM, cuyo funcionamiento fue explicado en una sección anterior.



Figura 44. Herramientas para el manejo del DEM

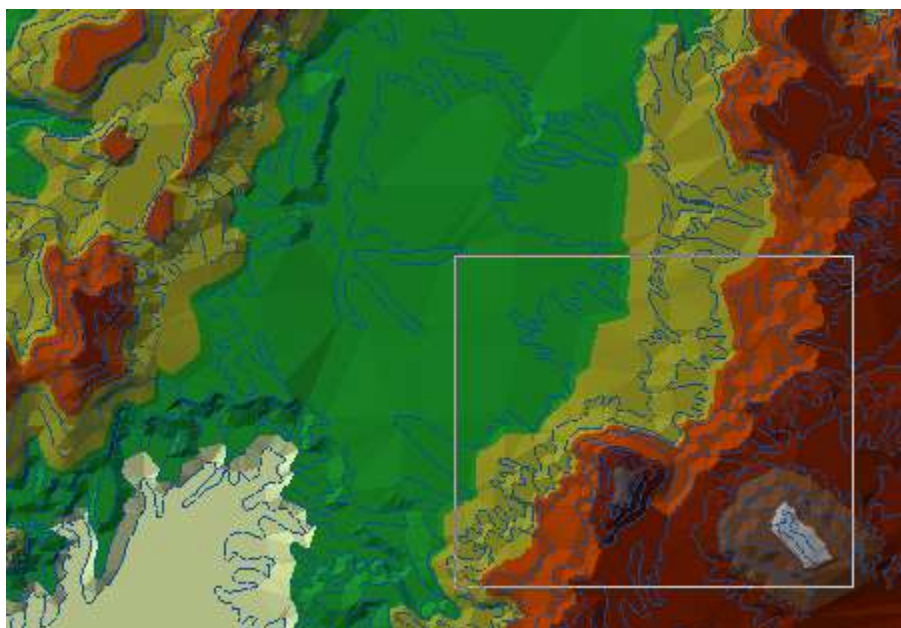
- **Vista general:** Esta herramienta permite desplegar la totalidad del DEM en el espacio de vista del mapa con que cuenta la herramienta, obteniendo un resultado como el de la figura 45. Para hacer uso de ella solo basta hacer clic sobre dicho botón.



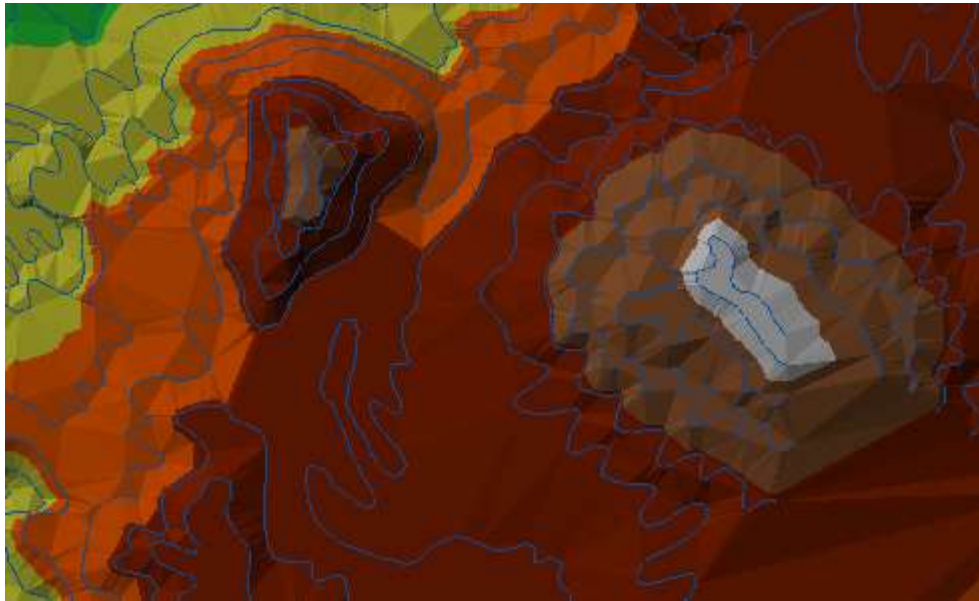


**Figura 45.** Ejemplo de vista general de un DEM

- **Ampliar:** Esta herramienta permite seleccionar un área específica del mapa mediante un rectángulo (figura 46) y hacer acercamiento a dicha área. El resultado de esta operación es tal como aparece en la figura 47.

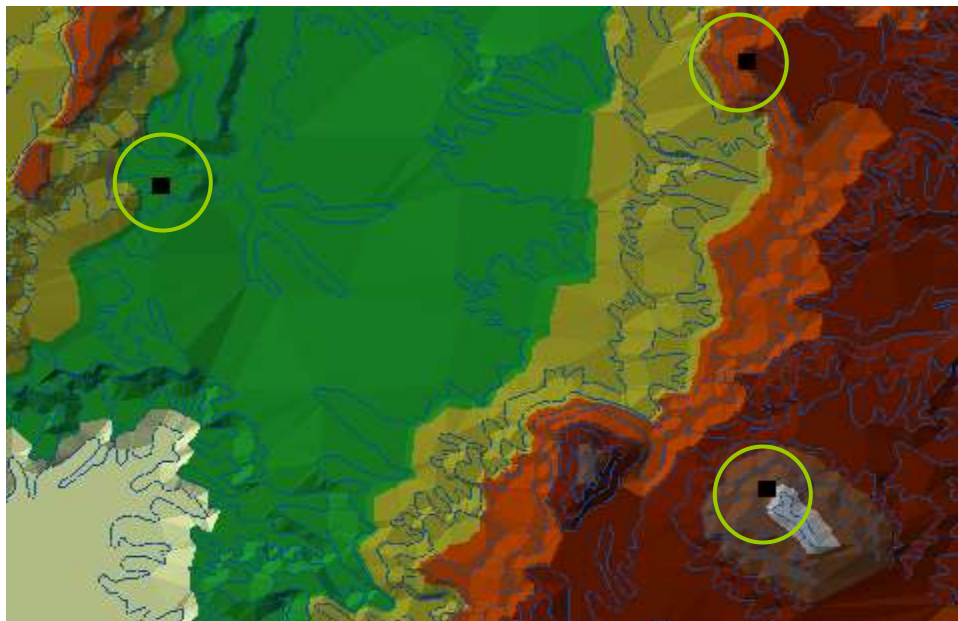


**Figura 46.** Selección de un área rectangular sobre el DEM



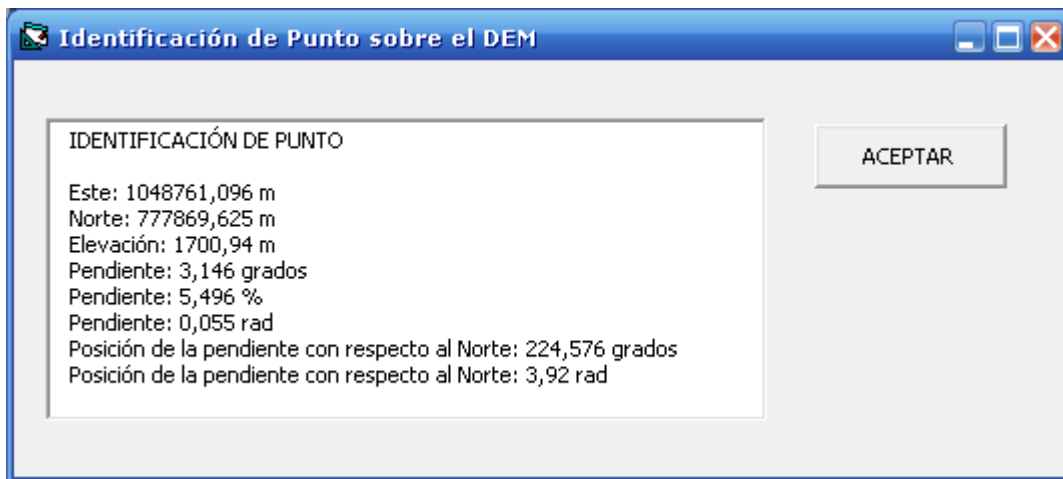
**Figura 47.** Ejemplo de acercamiento a un área específica del DEM

- **Marcar evento:** Esta herramienta permite marcar eventos sobre la superficie del DEM que pueden representar entre otras cosas: posibles ubicaciones de estaciones transmisora/receptora, puntos de interés sobre el perfil del trayecto, ubicación de edificaciones relevantes, puntos de no LOS, etc. Un ejemplo de 3 eventos posicionados sobre el DEM se ilustra en la figura 48.



**Figura 48.** Ejemplo de eventos sobre la superficie del DEM

- **Identificar:** Esta herramienta permite leer información geográfica del DEM en un punto cualquiera sobre su superficie. El resultado de esta operación es una ventana (figura 49) con la información de la coordenada Este (m) y Norte (m), la Elevación (m), la Pendiente en grados, radianes y porcentaje y la Posición de la pendiente con respecto al norte en grados y radianes.



**Figura 49.** Ejemplo de información geográfica retornada de un punto sobre el DEM

**Nota:** La posición de la pendiente con respecto al norte se mide en el sentido de las manecillas del reloj, siendo 0 grados si esta frente al Norte, 90 grados si esta frente al Oeste, 180 grados si esta frente al Sur y 270 grados si esta frente al Este.

## **ANEXO B: MODELADO DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE**

En este anexo se aplicarán algunos lineamientos de modelado del Proceso Unificado de Desarrollo para el diseño y construcción de proyectos de considerable complejidad, para lo cual se seguirá un proceso de desarrollo iniciado en la definición de requerimientos y la definición del contexto del sistema, pasando luego a la priorización de casos de uso y terminando con el diseño de los 3 casos de uso de mayor prioridad.

### **2.1 PRESENTACION DEL PROYECTO**

**Nombre del Proyecto:** Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales

**Cliente del Proyecto:** Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca.

#### **Metas del Proyecto:**

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema que ayude a los diseñadores de redes en el proceso de diseño y planificación de sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo (FWA, *Fixed Wíreles Access*) en entornos rurales, mediante la automatización de procesos indispensables para la determinación de la viabilidad de un enlace.

La automatización de procesos estará basada en la capacidad de emplear la información geográfica disponible en un Modelo de Elevación Digital (DEM, *digital elevation model*) en formato de Red Irregular Triangular (TIN, *Triangulated Irregular Network*), para obtener el perfil del trayecto entre el transmisor y receptor, calcular el valor de las pérdidas de trayecto, y hacer la estimación de la potencia recibida, el margen de desvanecimiento y la disponibilidad del trayecto obtenidos a partir del balance ó presupuesto del radioenlace (RLB, *Radio Link Budget*).

Para el cálculo de las pérdidas de trayecto el sistema deberá permitirle al usuario escoger entre 7 modelos de propagación disponibles: Espacio libre (Friss), Lee, ECC-33, Ericsson, SUI, 2D Anderson (para casos de línea de vista) y Longley Rice (para sistemas dentro de la región de visibilidad).

Adicionalmente para permitir una mejor visualización del DEM que se va a utilizar, la herramienta debe permitir la ejecución de funciones básicas sobre el DEM como: selección de un DEM, ampliación, identificación de puntos sobre la superficie, registro visual de eventos, movimiento de la vista del DEM y vista de la totalidad del DEM.

## ***2.2 FLUJO DE TRABAJO: REQUERIMIENTOS***

### **Captura de Requerimientos:**

1. Realizar un sistema informático completo que ayude al diseñador de redes en la planificación de radioenlaces.
2. Realizar funciones de manipulación de un DEM como:
  - Selección de un DEM de trabajo.
  - Ampliación de una parte de la superficie.
  - Identificación de puntos sobre la superficie.
  - Registro visual de eventos.
  - Movimiento de la vista del DEM.
  - Vista de la totalidad del DEM.
3. Calcular el perfil del trayecto a partir de un DEM en formato TIN.
4. Calcular las pérdidas de trayecto de un sistema FWA en un entorno rural, aplicando alguno de los siguientes modelos de propagación:
  - Espacio libre (Friss)
  - Lee
  - ECC-33
  - Ericsson
  - SUI
  - 2D Anderson (para casos de línea de vista)
  - Longley Rice (para sistemas dentro de la región de visibilidad).
5. Determinar la potencia en recepción, el margen de operación del sistema y la disponibilidad del trayecto.

## 2.2.1 Contexto del sistema

### 2.2.1.1 Modelo de Negocio

#### a. Actores de Negocio:

**Diseñador de redes:** Incluye cualquier persona que desee planificar un sistema de acceso inalámbrico fijo en un entorno rural, utilizando alguno de los modelos de propagación disponibles en el sistema.

#### b. Modelo de Casos de Uso de Negocio:



**Figura 50.** Modelo de Casos de Uso de Negocio

#### c. Caso de Uso de Negocio:

**Caso de Uso de Diseñar un Sistema FWA:** Este caso de uso se inicia cuando el diseñador inicia el sistema con el propósito de ingresar datos de un posible sistema FWA y solicitar al sistema el cálculo de algunos parámetros de diseño del enlace.

#### d. Realización de los casos de uso:

##### Descripción del caso de uso de negocio:

El diseñador inicia el sistema y carga un DEM en formato TIN sobre el cual se va a realizar el posicionamiento del transmisor y receptor y se realizarán las funciones de geoprocetamiento del sistema. Posteriormente el diseñador ingresa los datos del sistema FWA correspondientes al transmisor, el receptor y el modelo de propagación. Para comenzar el análisis del sistema FWA, el diseñador solicita al sistema la determinación del perfil del trayecto. Si el diseñador desea proseguir con el diseño del sistema FWA, ordena al sistema el cálculo de las pérdidas de trayecto mediante el modelo de propagación seleccionado. Hecho esto, el diseñador inicia en el sistema el cálculo del balance ó presupuesto del radioenlace, que le permitirá estimar la potencia recibida, el margen de desvanecimiento y la disponibilidad del trayecto.

### 2.2.1.2 Modelo Conceptual

#### a. Conceptos:

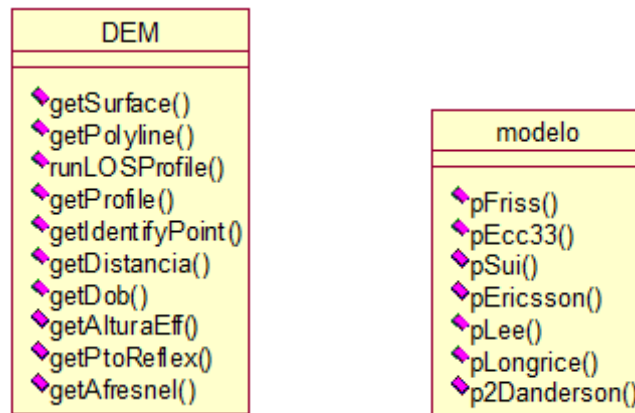


Figura 51. Conceptos

#### b. Modelo conceptual

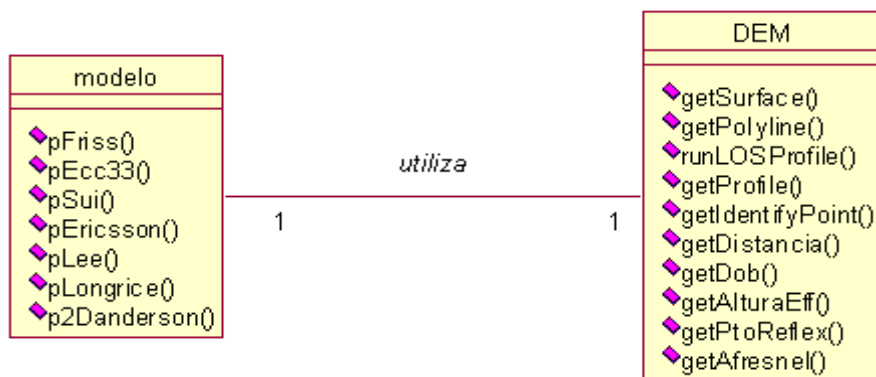


Figura 52. Modelo conceptual

#### Descripción del modelo conceptual:

El sistema está conformado por dos clases principales: DEM y modelo. Modelo es la clase que describe los objetos de tipo “modelo de canal” ó simplemente “modelo”, la cual permite calcular las pérdidas de trayecto por diferentes métodos. Por otro lado la clase DEM agrupa las funcionalidades del objeto Modelo de Elevación Digital (MED) esenciales para hacer consultas a sus datos geográficos almacenados. La relación entre estas dos clases es de asociación puesto que modelo utiliza un DEM para calcular los parámetros de entrada a sus métodos (pFriss, pEcc33, etc.).



## 2.2.1.3 Listado de funciones del sistema

REFERENCIA	FUNCION	CATEGORIA
<b>R1</b>	<b>Gestionar DEM</b>	
R1.1	Cargar	<b>Evidente</b>
R1.2	Ampliar	<b>Evidente</b>
R1.3	Mover	<b>Evidente</b>
R1.4	Marcar evento	<b>Evidente</b>
R1.5	Identificar punto	<b>Evidente</b>
R1.6	Obtener vista general	<b>Evidente</b>

REFERENCIA	FUNCION	CATEGORIA
<b>R2</b>	<b>Ingresar datos</b>	
R2.1	Ingresar datos de Transmisor	<b>Evidente</b>
R2.2	Ingresar datos de Receptor	<b>Evidente</b>
R2.3	Seleccionar modelo	<b>Evidente</b>
R2.4	Definir parámetros de modelo	<b>Evidente</b>

REFERENCIA	FUNCION	CATEGORIA
<b>R3</b>	<b>Calcular perfil del trayecto</b>	<b>Evidente</b>

REFERENCIA	FUNCION	CATEGORIA
<b>R4</b>	<b>Determinar pérdidas de trayecto</b>	<b>Evidente</b>

REFERENCIA	FUNCION	CATEGORIA
<b>R5</b>	<b>Calcular presupuesto del radioenlace</b>	<b>Evidente</b>
R5.1	Definir parámetros de disponibilidad	

Tabla 1. Funciones del sistema



### 2.2.1.4 Requisitos no funcionales

Característica	Descripción	Funciones Afectadas	Obligatoria/Opcional
Sistema Operativo	Windows 2000/Xp	Todas	Obligatoria
Lenguaje Programación	Visual Basic	Todas	Obligatoria
Extensible	Fácilmente adaptable a cambios	Todas	Obligatoria
Interfaz de usuario	Interfaz gráfica de usuario con diseño Windows.	Todas	Obligatoria
	La identificación de un punto, el perfil del trayecto, los resultados de las pérdidas de trayecto, los resultados del presupuesto del radioenlace y el ingreso de los parámetros de disponibilidad aparecerán en diferentes ventanas.	R1.5 R3 R4 R5 R5.1	Obligatoria

**Tabla 2.** Requisitos no funciones del sistema

## 2.2.2 Captura de Requerimientos basada en Casos de Uso

### 2.2.2.1 Actores del Sistema

En el sistema el único actor es:

**Diseñador de redes:** Persona que desea planificar un sistema de acceso inalámbrico fijo en un entorno rural, utilizando alguno de los modelos de propagación disponibles en el sistema.

## 2.2.2.2 Modelo de Casos de Uso

### 2.2.2.2.1 Descripción Resumida de los Casos de Uso

<b>Caso de Uso</b>	<b>Gestionar DEM</b>
Actores	Diseñador
Prioridad	Alta
Referencias Cruzadas	R1
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un diseñador desea cargar un DEM para trabajar, ampliar una parte de la superficie del DEM, identificar puntos sobre la superficie, marcar eventos sobre la superficie, mover la vista del DEM ó obtener una vista de la totalidad del DEM.

<b>Caso de Uso</b>	<b>Ingresar datos</b>
Actores	Diseñador
Prioridad	Media
Referencias Cruzadas	R2
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un diseñador desea ingresar los datos del sistema FWA, correspondientes al transmisor, el receptor ó el modelo de propagación.

<b>Caso de Uso</b>	<b>Calcular perfil del trayecto</b>
Actores	Diseñador
Prioridad	Alta
Referencias Cruzadas	R3
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un diseñador desea obtener el perfil del trayecto entre el transmisor y el receptor del sistema FWA.

<b>Caso de Uso</b>	<b>Determinar pérdidas de trayecto</b>
Actores	Diseñador
Prioridad	Alta
Referencias Cruzadas	R4
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un diseñador desea que el sistema calcule las pérdidas de trayecto mediante el modelo de propagación seleccionado.

<b>Caso de Uso</b>	<b>Calcular presupuesto del radioenlace</b>
Actores	Diseñador
Prioridad	Alta
Referencias Cruzadas	R5
Descripción	Este caso de uso inicia cuando el diseñador desea efectuar el cálculo del presupuesto del radioenlace obteniendo la potencia en recepción, el margen de desvanecimientos y la disponibilidad del trayecto.

**Tabla 3.** Descripción de los casos de uso

### DESCRIPCION GENERAL:

El diseñador emplea el caso de uso **Gestionar DEM**, el cual le permite cargar el DEM en el sistema a través del caso de uso **Cargar**. A partir de este momento el diseñador puede utilizar en cualquier momento los casos de uso: **Ampliar, Identificar punto, Mover, Marcar evento** y **Obtener vista general** del caso de uso **Gestionar DEM**, que le permitirá moverse con flexibilidad sobre la superficie del DEM para obtener una mejor visualización de sus características geográficas.

Posteriormente el diseñador utiliza el caso de uso **Ingresar datos**, el cual a través de sus casos de uso: **Ingresar datos de transmisor e Ingresar datos de receptor**, le permite al sistema dar la información correspondiente a los dos extremos del sistema de comunicación FWA. También por medio del caso de uso **Seleccionar modelos de propagación** y **Definir parámetros del modelo** pertenecientes al caso de uso **Ingresar datos** se define el modelo de propagación a utilizar y los parámetros del mismo. En este punto el DEM ha sido cargado y los datos del sistema FWA se han ingresado.

Si el diseñador desea calcular el perfil del trayecto, invoca el caso de uso **Calcular perfil del trayecto**. Para conocer el valor de las pérdidas de trayecto del sistema FWA, el diseñador procede a emplear el caso de uso **Determinar pérdidas de trayecto**, el cual utiliza el modelo de propagación previamente seleccionado y retorna el valor de las pérdidas. Finalmente si el diseñador desea calcular el presupuesto del radioenlace, invoca el caso de uso **Calcular presupuesto del radioenlace**, que permitirá obtener los valores de potencia recibida, margen de desvanecimiento y disponibilidad del trayecto. En este ultimo caso de uso el diseñador podrá decidir los parámetros de disponibilidad por medio del caso de uso **Definir parámetros de disponibilidad**.

A continuación se muestra el diagrama de casos de uso:

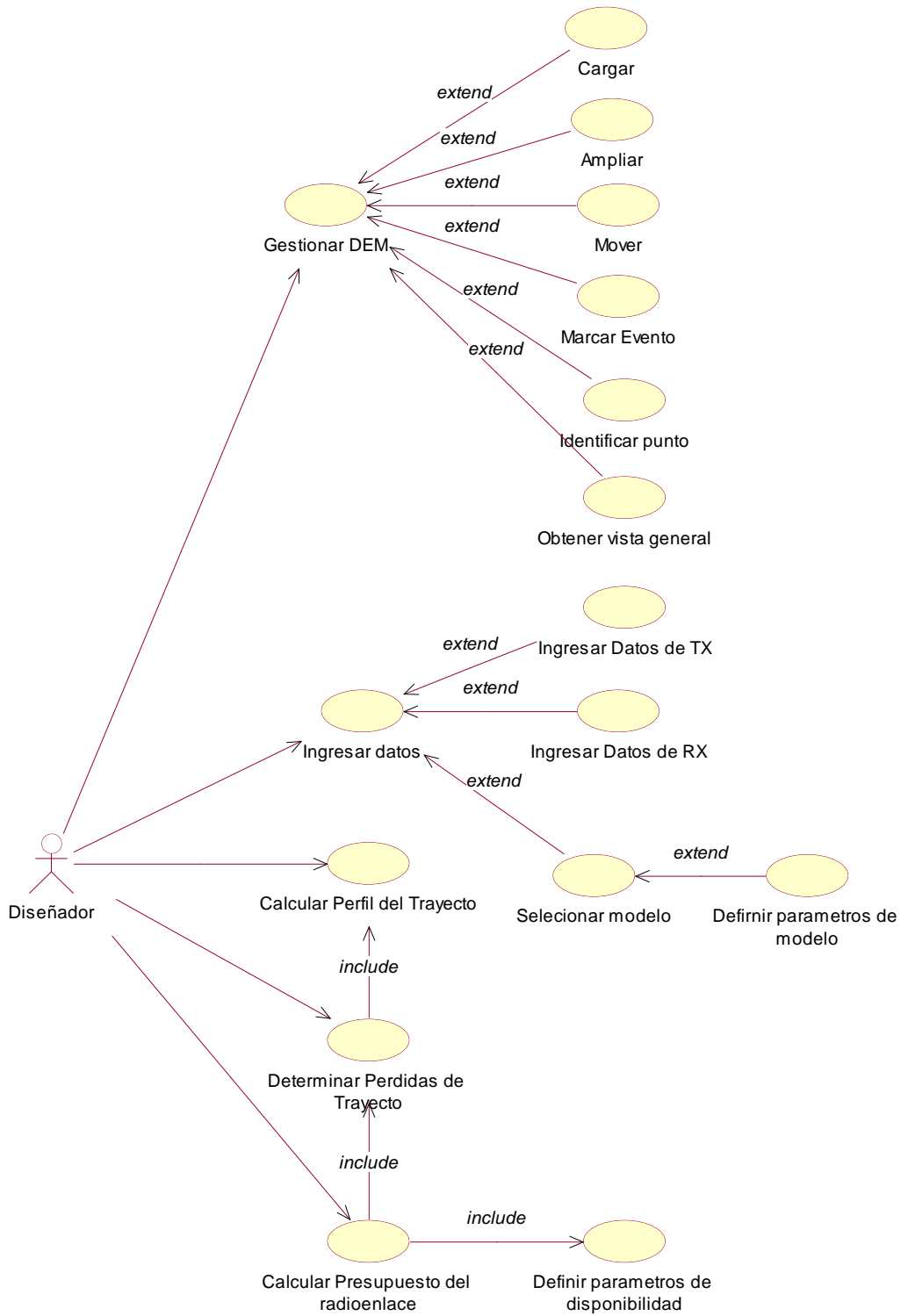


Figura 53. Diagrama de casos de uso

### 2.2.2.2.2 Descripción de la arquitectura

No	Pregunta
1	Impacto significativo para la arquitectura
2	¿Se obtiene información significativa con poco esfuerzo?
3	Presenta funcionalidad muy compleja
4	Necesita mucha investigación
5	Representa una línea primaria para el proceso de negocio
6	Genera ingresos directos o disminución en los costos de operación

**Tabla 4.** Preguntas para la priorización de casos de uso

Evaluación Preguntas								
No	Caso de Uso	1	2	3	4	5	6	Total Evaluación
1	Gestionar DEM	5	5	4	3	5	3	25
2	Ingresar datos	7	4	4	3	5	3	26
3	Calcular perfil del trayecto	9	6	9	8	9	9	50
4	Determinar pérdidas de trayecto	9	5	9	8	9	9	49
5	Calcular presupuesto del radioenlace	9	4	8	7	9	8	45

**Tabla 5.** Evaluación de preguntas

La planificación de este proyecto se realizará de la siguiente manera:

Iteración 1: Calcular perfil del trayecto

Iteración 2: Determinar pérdidas de trayecto

Iteración 3: Calcular presupuesto del radioenlace, Ingresar datos y Gestionar DEM.

<b>Caso N° 01</b>		<b>Caso de Uso: Gestionar DEM</b>	
<b>Objetivo</b>	Realizar algunas acciones sobre el DEM que permitan una mejor visualización, identificación, y uso de la información geográfica almacenada en el mismo.		
<b>Actores</b>			
<b>Principales</b>	Diseñador		
<b>Precondiciones</b>			
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>			
Acción de los actores		Respuesta del Sistema	
El actor [Diseñador] selecciona alguna de las opciones disponibles para la gestión del DEM: cargar, ampliar, obtener vista general, mover, marcar evento ó identificar punto.		El sistema reconoce la herramienta solicitada. <i>Extends</i> (Cargar, Ampliar, Obtener vista general, Mover, Marcar evento, Identificar punto)	
<b>Excepciones</b>			

**Tabla 6.** Caso de uso Gestionar DEM

<b>Caso N° 02</b>		<b>Caso de Uso: Cargar</b>	
<b>Objetivo</b>	Cargar un DEM en la herramienta software, sobre el cual se realizarán las operaciones de planificación del radioenlace.		
<b>Actores</b>			
<b>Principales</b>	Diseñador		
<b>Precondiciones</b>			
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>			
Acción de los actores		Respuesta del Sistema	
El diseñador indica la carpeta donde se encuentra el DEM.		El sistema solicita la ruta hacia un DEM disponible.  El sistema despliega en la interfaz principal de la herramienta software la capa principal del DEM seleccionado.	
<b>Excepciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocurre cuando el DEM indicado al sistema no se puede cargar por algún motivo relacionado con su formato. En esta situación el sistema retornará un mensaje indicando la situación.</li> </ul>			

**Tabla 7.** Caso de uso Cargar



<b>Caso N° 03</b>	<b>Caso de Uso: Ampliar</b>	
<b>Objetivo</b>	Realizar acercamientos sobre áreas específicas del DEM.	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
DEM cargado en el sistema: Caso de uso 2: Cargar		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El diseñador selecciona un área rectangular sobre la superficie del DEM.	El sistema despliega el área seleccionada en la totalidad de la interfaz disponible para el DEM.	
<b>Excepciones</b>		

**Tabla 8.** Caso de uso ampliar

<b>Caso N° 04</b>	<b>Caso de Uso: Mover</b>	
<b>Objetivo</b>	Hacer corrimientos del DEM de forma rápida.	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
DEM cargado en el sistema: Caso de uso 2: Cargar		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El diseñador selecciona un punto sobre el DEM y lo arrastra.	El sistema ubica el DEM en la posición seleccionada por el usuario, actualizando el área de vista del DEM.	
<b>Excepciones</b>		

**Tabla 9.** Caso de uso mover

<b>Caso N° 05</b>	<b>Caso de Uso: Marcar evento</b>	
<b>Objetivo</b>	Ubicar sucesos mediante puntos en la superficie del DEM	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
DEM cargado en el sistema: Caso de uso 2: Cargar.		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El diseñador selecciona un punto sobre la superficie del DEM.	El sistema dibuja una marca sobre el DEM en la posición indicada.	
<b>Excepciones</b>		

**Tabla 10.** Caso de uso marcar evento

<b>Caso N° 06</b>	<b>Caso de Uso: Identificar punto</b>	
<b>Objetivo</b>	Realizar lecturas de información geográfica para un punto sobre el DEM.	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
DEM cargado en el sistema: Caso de uso 2: Cargar		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El diseñador selecciona un punto sobre la superficie del DEM.	El sistema retorna la información geográfica disponible para dicho punto.	
<b>Excepciones</b>		

**Tabla 11.** Caso de uso identificar punto

<b>Caso N° 07</b>	<b>Caso de Uso: Obtener vista general</b>	
<b>Objetivo</b>	Obtener una vista de la totalidad de la superficie del DEM cargado	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
DEM cargado en el sistema: Caso de uso 2: Cargar		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
	El sistema configura el área de vista del DEM para que sea visible en su totalidad.	
<b>Excepciones</b>		

**Tabla 12.** Caso de uso obtener vista general

<b>Caso N° 08</b>	<b>Caso de Uso: Ingresar Datos</b>	
<b>Objetivo</b>	Ingresar la información necesaria del transmisor, receptor y modelo de propagación, que servirá para la ejecución de las funcionalidades del sistema.	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Precondiciones</b>		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El actor [Diseñador] selecciona alguno de los tres sectores de información de la interfaz principal del sistema: Información de Transmisor, Información de Receptor ó Información del modelo de propagación.	El sistema detecta el sector de información sobre el cual esta ubicado el usuario. <i>Extends</i> (Ingresar datos de TX, Ingresar datos de RX, Seleccionar modelo).	
<b>Excepciones</b>		

**Tabla 13.** Caso de uso ingresar datos

<b>Caso N° 09</b>	<b>Caso de Uso: Ingresar datos de TX</b>	
<b>Objetivo</b>	Ingresar la información del transmisor	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El actor [Diseñador] llena todos los campos de información concernientes al transmisor.	El sistema conserva los datos ingresados en la interfaz de usuario.	
<b>Excepciones</b>		

**Tabla 14.** Caso de uso ingresa datos del transmisor

<b>Caso N° 10</b>	<b>Caso de Uso: Ingresar datos de RX</b>	
<b>Objetivo</b>	Ingresar la información del Receptor	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El actor [Diseñador] ingresa todos los campos de información concernientes al receptor.	El sistema conserva los datos ingresados en la interfaz de usuario.	
<b>Excepciones</b>		

**Tabla 15.** Caso de uso ingresa datos del receptor

<b>Caso N° 11</b>		<b>Caso de Uso: Seleccionar modelo</b>	
<b>Objetivo</b>	Seleccionar el modelo de propagación a utilizar para los cálculos de pérdidas de trayecto y presupuesto del enlace.		
<b>Actores</b>			
<b>Principales</b>	Diseñador		
<b>Secundarios</b>			
<b>Precondiciones</b>			
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>			
Acción de los actores		Respuesta del Sistema	
El actor [Diseñador] selecciona alguno de los 7 modelos de propagación disponibles.		El sistema habilita los campos de información de los parámetros del modelo, asignándoles valores por defecto. <i>Extends</i> (Definir parámetros de modelo)	
<b>Excepciones</b>			

Tabla 16. Caso de uso seleccionar modelo

<b>Caso N° 12</b>		<b>Caso de Uso: Definir parámetros de modelo</b>	
<b>Objetivo</b>	Permitirle al usuario definir los parámetros a utilizar para un modelo de propagación específico.		
<b>Actores</b>			
<b>Principales</b>	Diseñador		
<b>Secundarios</b>			
<b>Precondiciones</b>			
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>			
Acción de los actores		Respuesta del Sistema	
El actor [Diseñador] ingresa el valor de los parámetros del modelo.		El sistema conserva los datos ingresados en la interfaz de usuario.	
<b>Excepciones</b>			

Tabla 17. Caso de uso definir parámetros de modelo

<b>Caso N° 13</b>	<b>Caso de Uso: Calcular Perfil del Trayecto</b>	
<b>Objetivo</b>	Obtener el perfil de trayecto entre el sistema transmisor y receptor.	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
Caso de uso numero 9 y 10: Ingresar datos de TX, Ingresar datos de RX		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El actor [Diseñador] solicita calcular el perfil del trayecto.	<p>Lee la información de transmisor y receptor ingresada y utiliza funciones de geoprocésamiento para calcular el perfil del trayecto entre los dos sistemas.</p> <p>Retorna una ventana con el perfil del trayecto calculado.</p>	
<b>Excepciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ocurre cuando alguno de los datos requeridos para la determinación del perfil no se encuentra ó es incoherente. En esta situación el sistema retornará un mensaje indicando dicha situación.</li> </ul>		

**Tabla 18.** Caso de uso calcular perfil del trayecto



<b>Caso N° 14</b>	<b>Caso de Uso: Determinar Pérdidas de Trayecto</b>	
<b>Objetivo</b>	Calcular las pérdidas que genera el trayecto a partir de diferentes modelos de propagación.	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
Caso de uso numero 9 y 10: Ingresar datos de TX, Ingresar datos de RX Caso de uso numero 11: Seleccionar modelo		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El actor [Diseñador] solicita el cálculo de las pérdidas de trayecto por el modelo de propagación seleccionado.	<p><i>Include</i> (Calcular Perfil del Trayecto)</p> <p>Utiliza la información obtenida del perfil del trayecto y la ingresada por el usuario en las precondiciones para calcular las pérdidas de trayecto por el modelo de propagación escogido.</p> <p>Retorna un informe detallado con los parámetros de entrada al modelo y el valor de pérdida total calculado.</p>	
<b>Excepciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las relacionadas con el caso de uso numero 13: Calcular perfil del trayecto</li> <li>• Ocurre cuando alguno de los datos requeridos para el cálculo de las pérdidas de trayecto no se encuentra ó es incoherente. En esta situación el sistema retornará un mensaje indicando dicha situación.</li> </ul>		

**Tabla 19.** Caso de uso determinar pérdidas de trayecto

<b>Caso N° 15</b>	<b>Caso de Uso: Calcular Presupuesto del radioenlace</b>	
<b>Objetivo</b>	Realizar el presupuesto del radioenlace para obtener el valor de la potencia recibida, el margen de operación y la disponibilidad del trayecto.	
<b>Actores</b>		
<b>Principales</b>	Diseñador	
<b>Secundarios</b>		
<b>Precondiciones</b>		
Caso de uso numero 9 y 10: Ingresar datos de TX, Ingresar datos de RX Caso de uso numero 11: Seleccionar modelo		
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>		
Acción de los actores	Respuesta del Sistema	
El actor [Diseñador] solicita calcular el presupuesto del radio enlace.	<p><i>Include</i> (Definir parámetros de disponibilidad, Determinar Pérdidas de Trayecto)</p> <p>Utiliza la información de pérdidas de trayecto calculadas y la información ingresada por el usuario en las precondiciones para calcular la potencia recibida, el margen de operación y la disponibilidad del trayecto.</p> <p>Retorna un informe detallado con los parámetros de entrada al modelo y el valor de pérdida total calculado.</p> <p>Retorna un informe con los datos del sistema FWA y el valor de potencia recibida, margen de operación y disponibilidad del trayecto calculado.</p>	
<b>Excepciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Las relacionadas con el caso de uso numero 14.</li> <li>Ocurre cuando alguno de los datos requeridos para la determinación del presupuesto del radio enlace no se encuentra ó es incoherente. En esta situación el sistema retornará un mensaje indicando dicha situación.</li> </ul>		

**Tabla 20.** Caso de uso calcular presupuesto del radio enlace

<b>Caso N° 16</b>	<b>Caso de Uso: Definir parámetros de disponibilidad</b>
<b>Objetivo</b>	Definir el valor de los parámetros necesarios previos al cálculo de la disponibilidad del trayecto del radioenlace.
<b>Actores</b>	
<b>Principales</b>	Diseñador
<b>Precondiciones</b>	
Caso de uso 15: Calcular presupuesto del radioenlace	
<b>Secuencia Normal de Eventos</b>	
Acción de los actores	Respuesta del Sistema
El actor [Diseñador] define el valor de los parámetros.	El sistema solicita la definición de los parámetros a utilizar para el cálculo de la disponibilidad del radioenlace.
<b>Excepciones</b>	
Ocurre cuando alguno de los parámetros requeridos para el cálculo de la disponibilidad no se encuentra ó es incoherente. En esta situación el sistema retornará un mensaje indicando dicha situación.	

Tabla 21. Caso de uso definir parámetros de disponibilidad

### 2.2.2.2.3 Prototipo de interface de usuario

- Casos de uso: Gestionar DEM, Ingresar datos

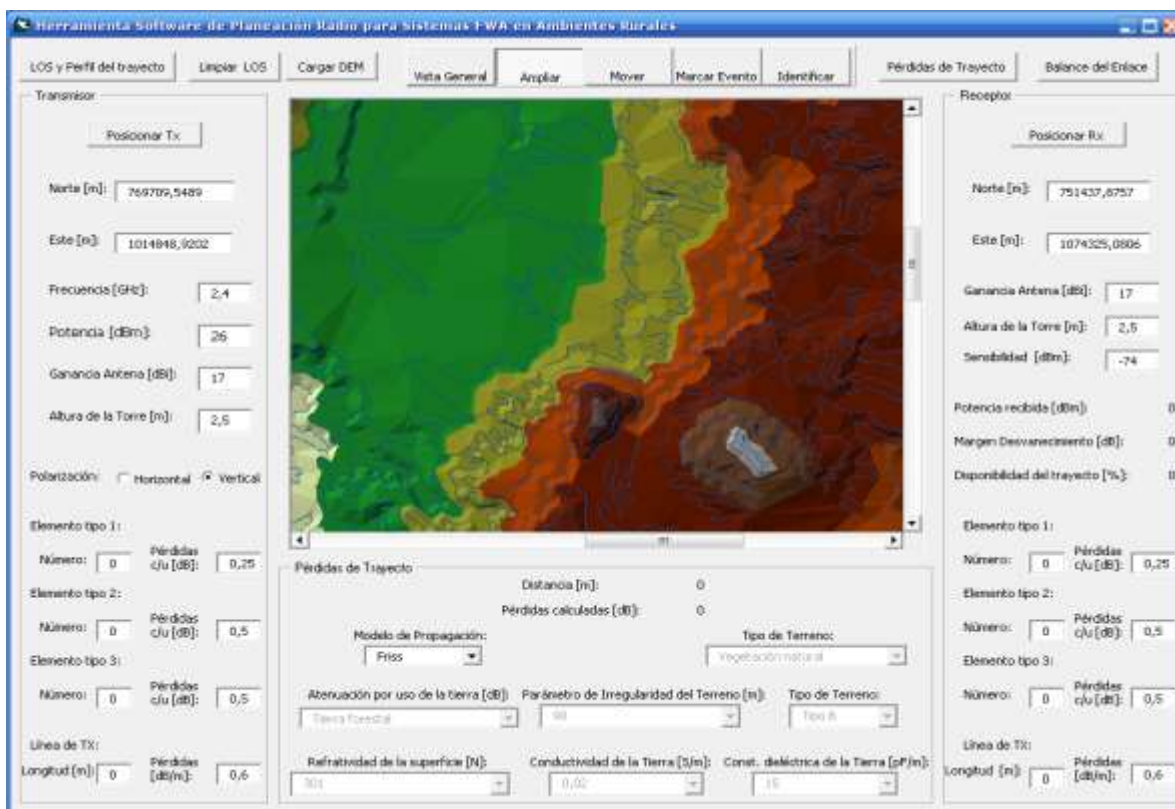
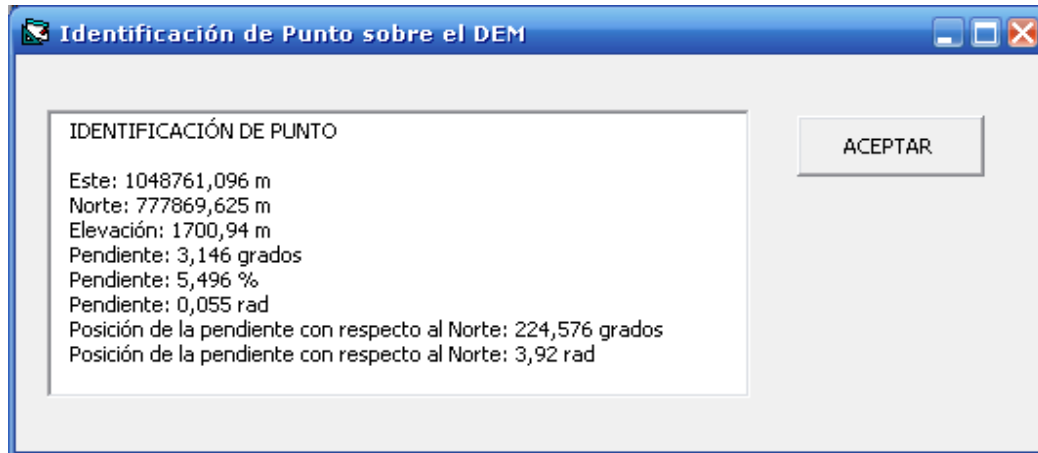


Figura 54. Interfaz principal del sistema

- Interfaz caso de uso: Identificar punto

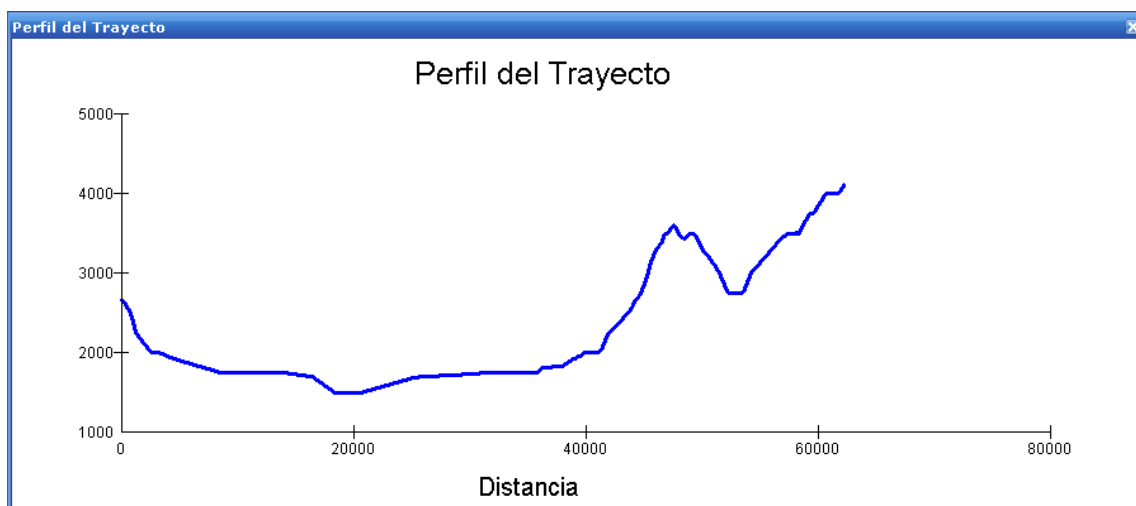


**Figura 55.** Interfaz para la identificación de un punto

- Interfaz caso de uso: Calcular perfil del trayecto

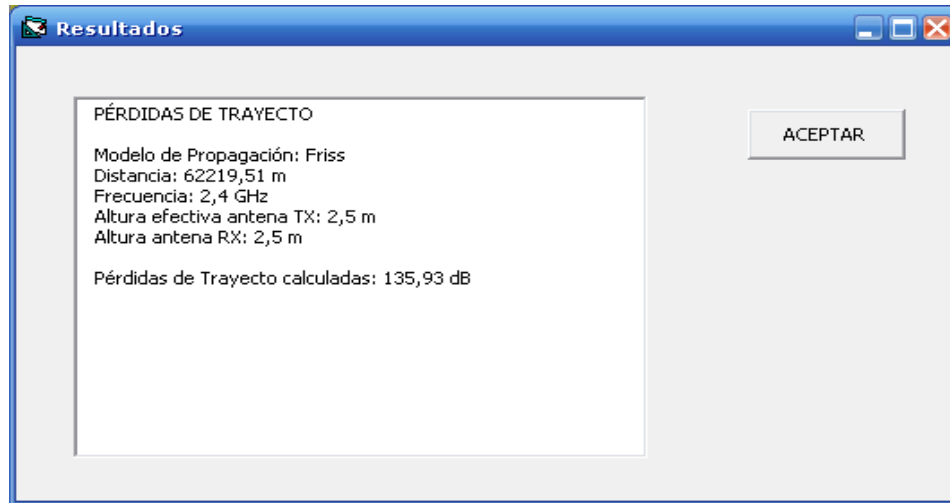


**Figura 56.** Análisis de visibilidad desplegado sobre la interfaz principal



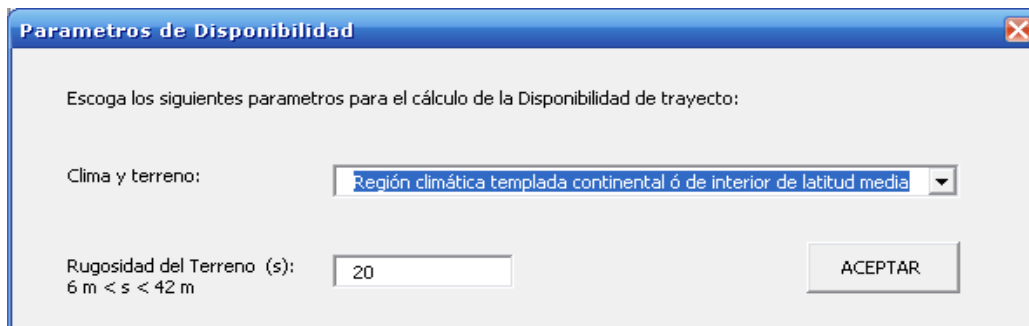
**Figura 57.** Interfaz de visualización del perfil del trayecto

- Interfaz caso de uso: Determinar pérdidas de trayecto



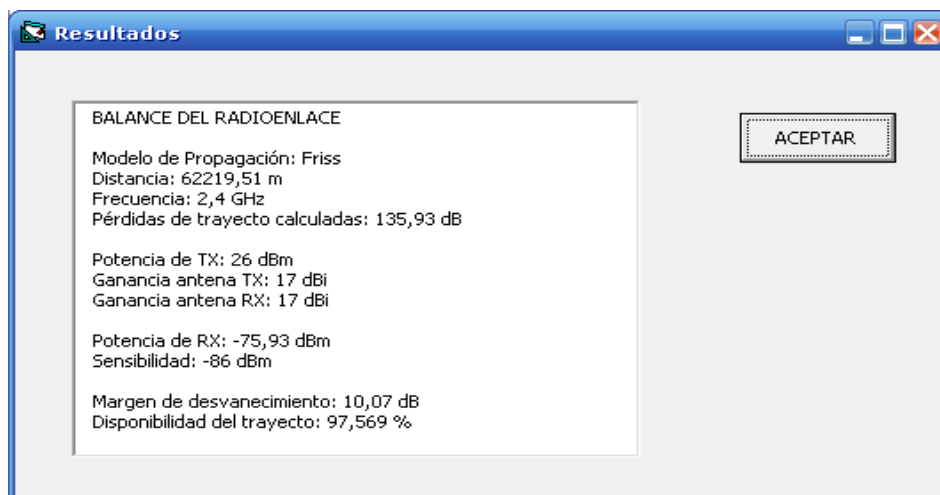
**Figura 58.** Interfaz con los resultados de las pérdidas de trayecto

- Interfaz caso de uso: Definir parámetros de disponibilidad



**Figura 59.** Interfaz de selección de los parámetros de disponibilidad

- Interfaz caso de uso: Calcular balance ó presupuesto del radioenlace



**Figura 60.** Interfaz con resultados del balance del radio enlace

## 2.3 FLUJO DE TRABAJO: ANALISIS

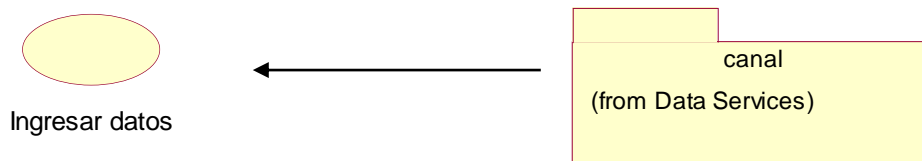
### 2.3.1 Paquetes de Análisis

- Caso de Uso asociado a Gestionar DEM:



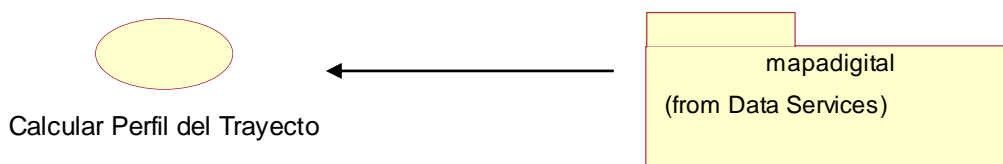
**Figura 61.** Paquetes de análisis asociado al caso de uso gestionar DEM

- Caso de Uso asociado a Ingresar Datos:



**Figura 62.** Paquetes de análisis asociado al caso de uso ingresar datos

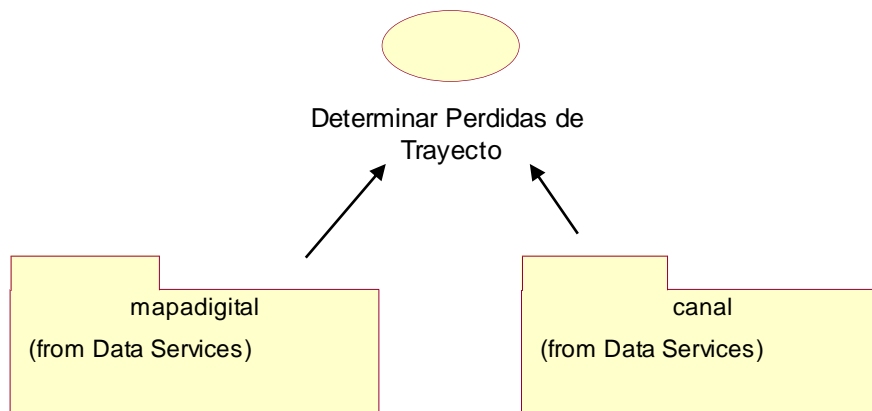
- Caso de Uso asociado a Calcular perfil del trayecto:



**Figura 63.** Paquetes de análisis asociado al caso de uso calcular perfil del trayecto

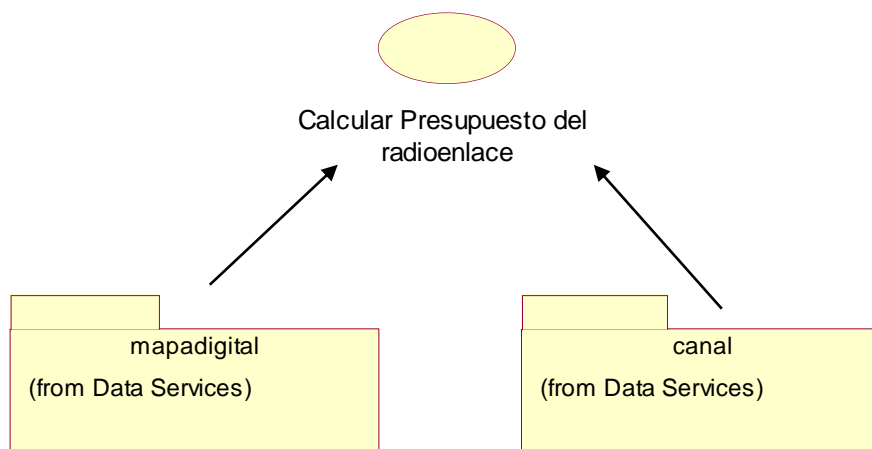


- Caso de Uso asociado a Determinar pérdidas de trayecto:



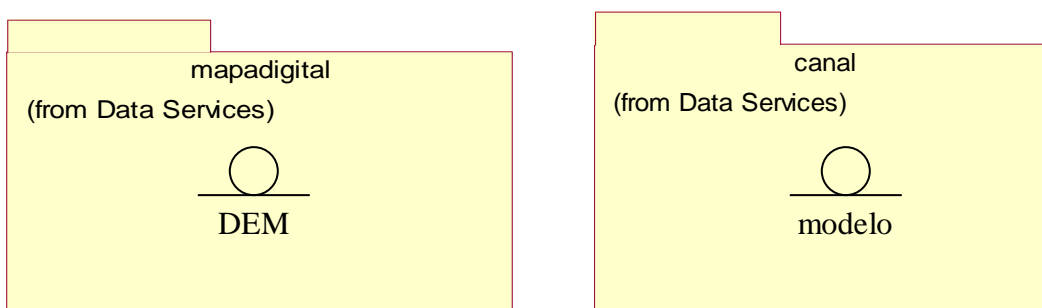
**Figura 64.** Paquetes de análisis asociado al caso de uso determinar pérdidas de trayecto

- Caso de Uso asociado a Calcular presupuesto del radioenlace



**Figura 65.** Paquetes de análisis asociado al caso de uso calcular presupuesto del radioenlace

### 2.3.2 Clases de Análisis



**Figura 66.** Clases de análisis

### 2.3.3 Análisis de Casos de Uso

#### 2.3.3.1 Análisis del Caso de Uso Calcular perfil del trayecto

##### a. Diagrama de Secuencia

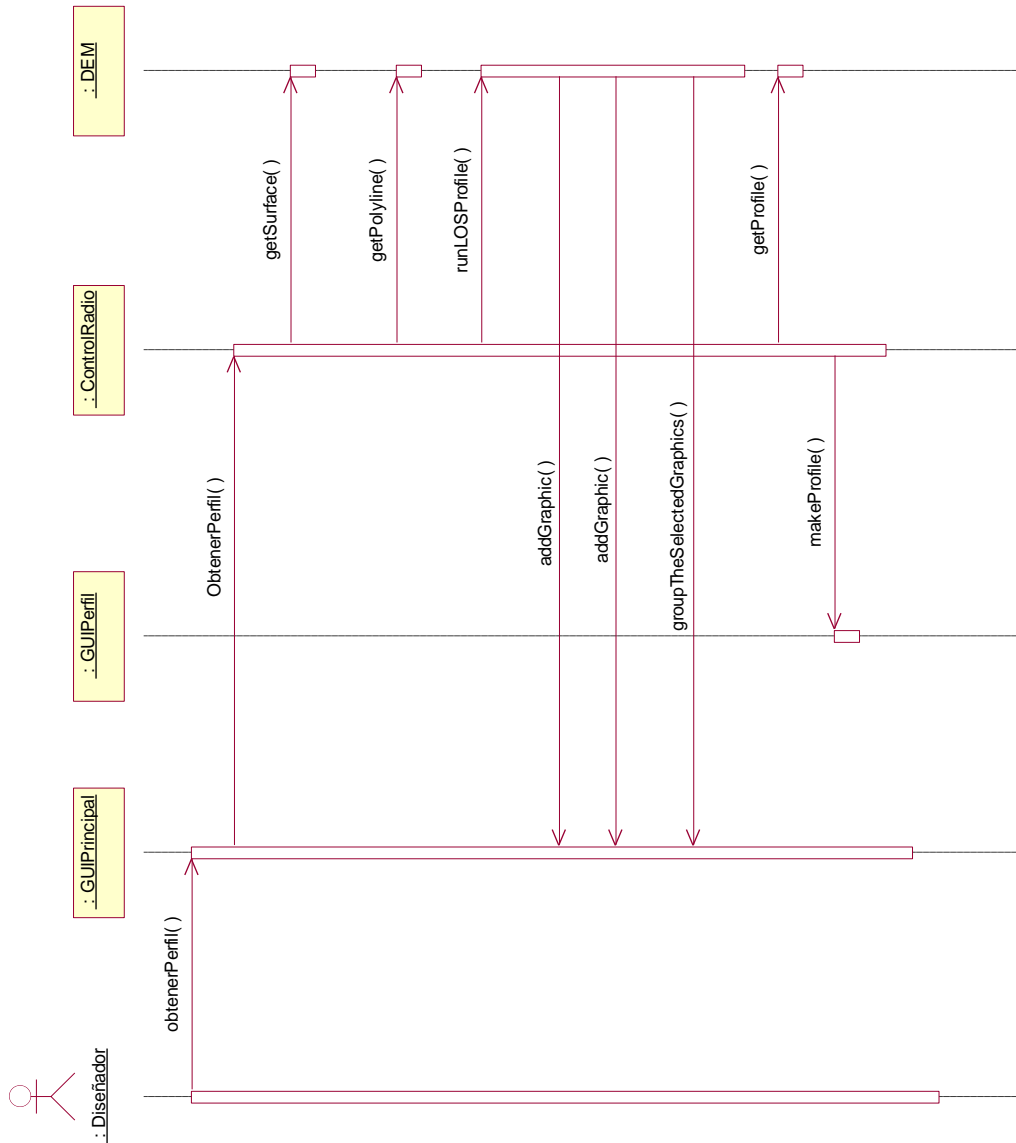


Figura 67. Diagrama de secuencia del caso de uso calcular perfil del trayecto

### c. Arquitectura – Iteración 1:

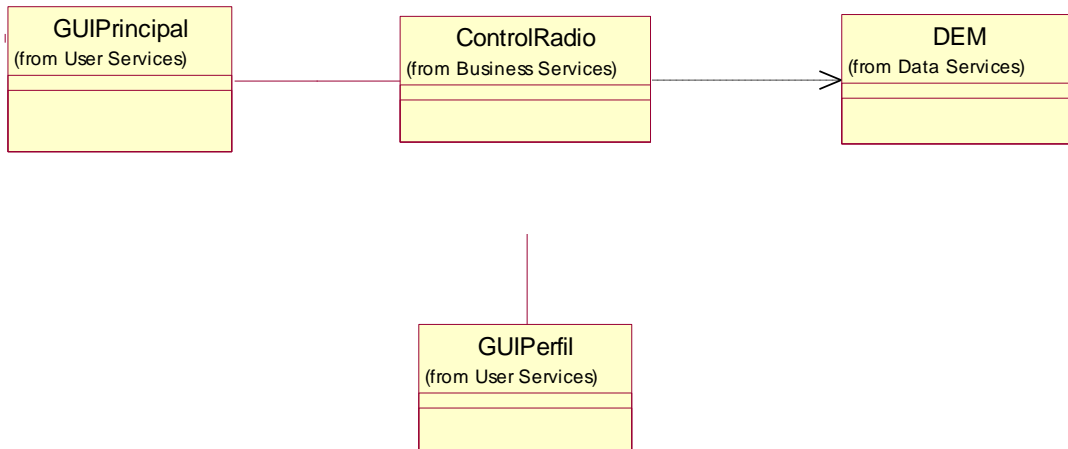


Figura 68. Arquitectura del caso de uso calcular perfil del trayecto

### d. Clases de Análisis

Clase de Análisis	Responsabilidades
GUIPrincipal	Recibir las solicitudes del diseñador
GUIPerfil	Desplegar el perfil del trayecto calculado
ControlRadio	Administrar los procesos asociados al DEM
DEM	Contener la información del DEM

Tabla 22. Responsabilidad de las clases de análisis del caso de uso calcular perfil del trayecto

### 2.3.3.2 Análisis del Caso de Uso Determinar pérdidas de trayecto

#### a. Diagrama de Secuencia

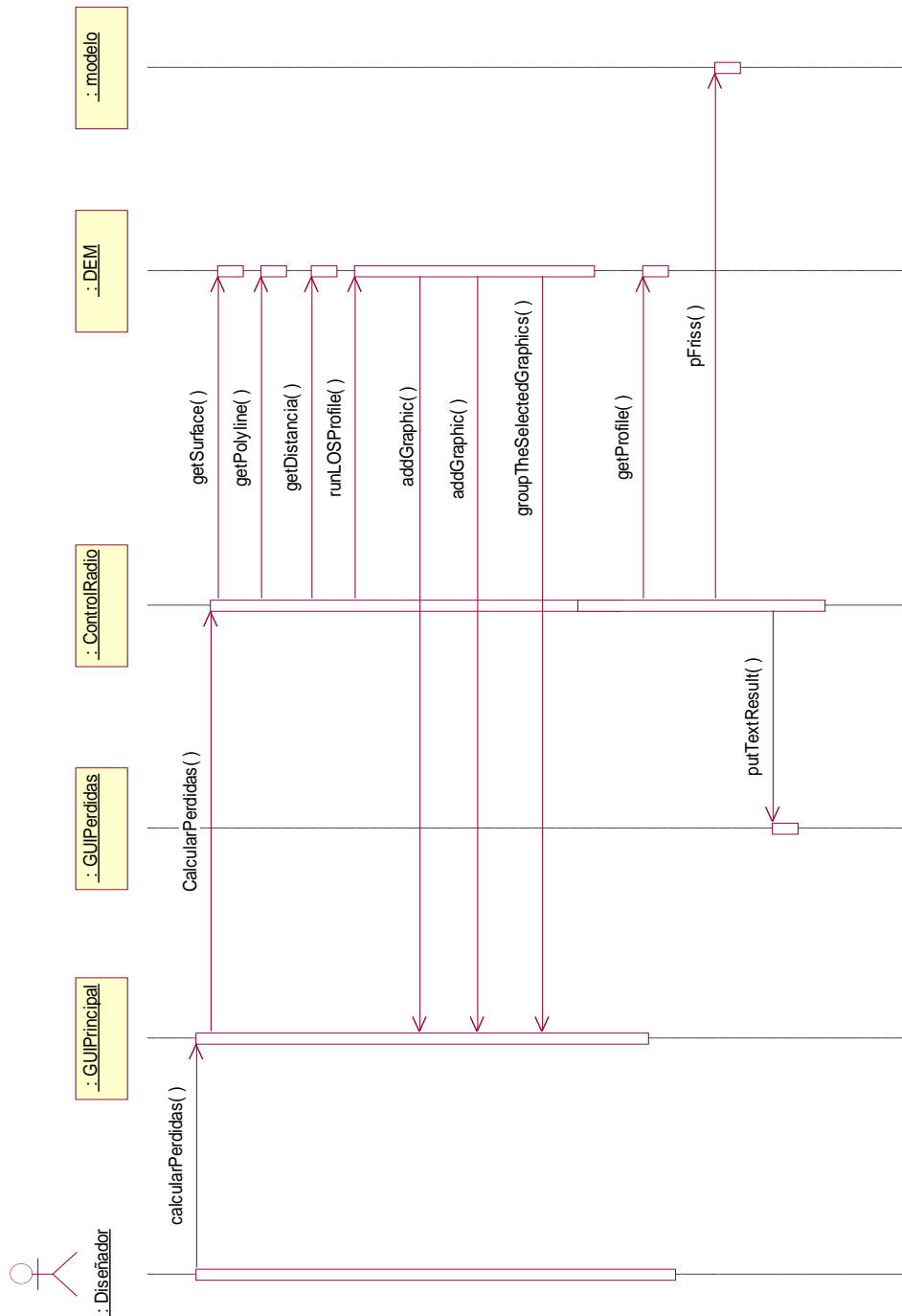
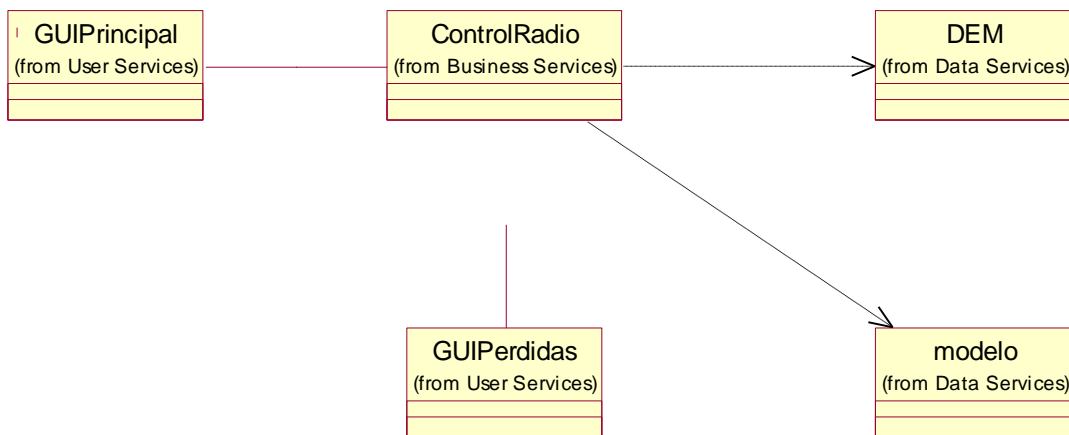


Figura 69. Diagrama de secuencia del caso de uso determinas pérdidas de trayecto

### b. Arquitectura – Iteración 1:



**Figura 70.** Arquitectura del caso de uso determinas pérdidas de trayecto

### c. Clases de Análisis

Clase de Análisis	Responsabilidades
GUIPrincipal	Recibir las solicitudes del diseñador
GUIPérdidas	Desplegar los resultados del cálculo de las pérdidas de trayecto
ControlRadio	Administrar los procesos asociados a DEM y a modelo
DEM	Contener la información del DEM
modelo	Contener la información del modelo

**Tabla 23.** Responsabilidad de las clases de análisis del caso de uso determinas pérdidas de trayecto

### 2.3.3.3 Análisis del Caso de Uso calcular presupuesto del radioenlace

#### a. Diagrama de Secuencia

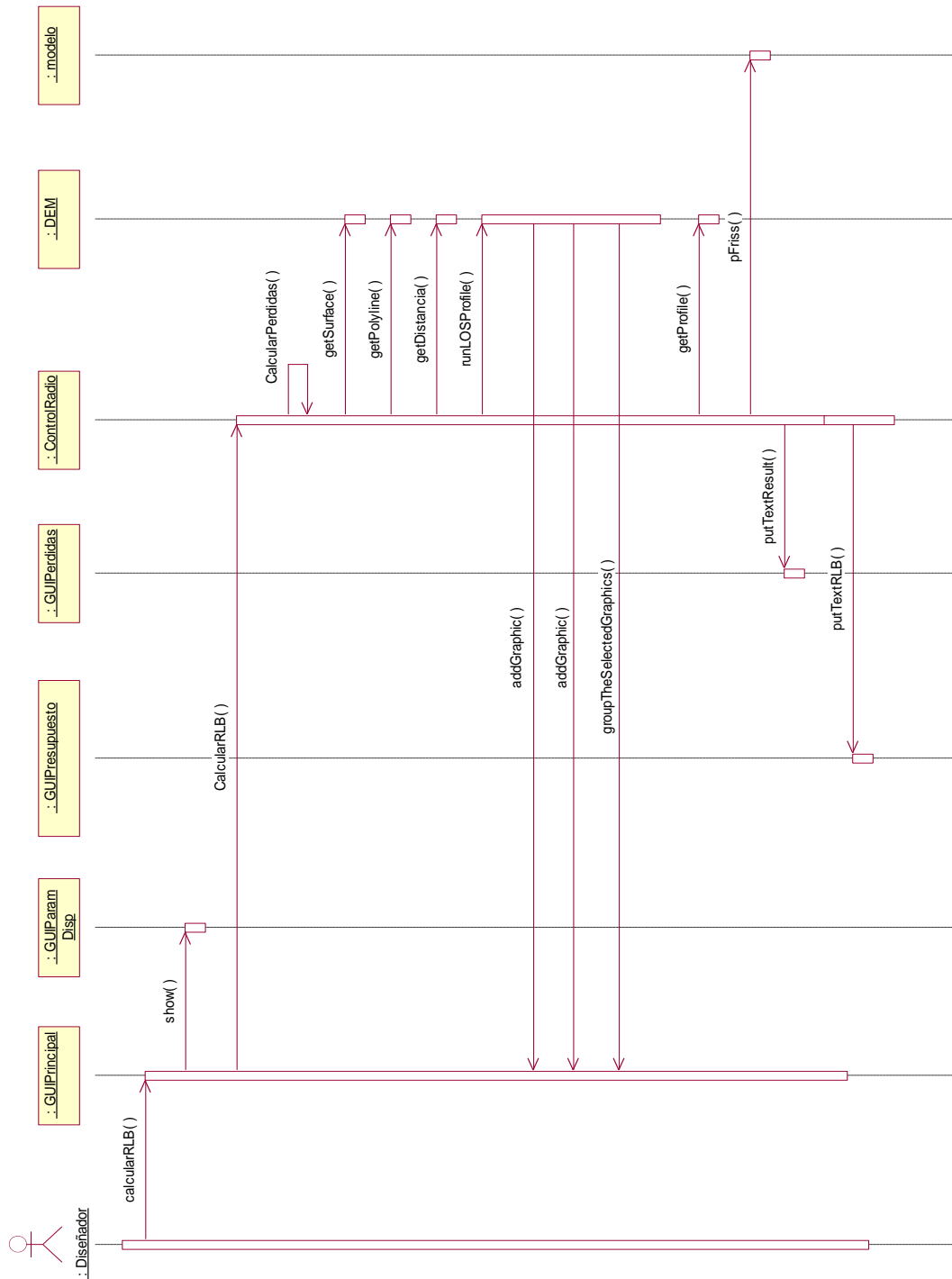
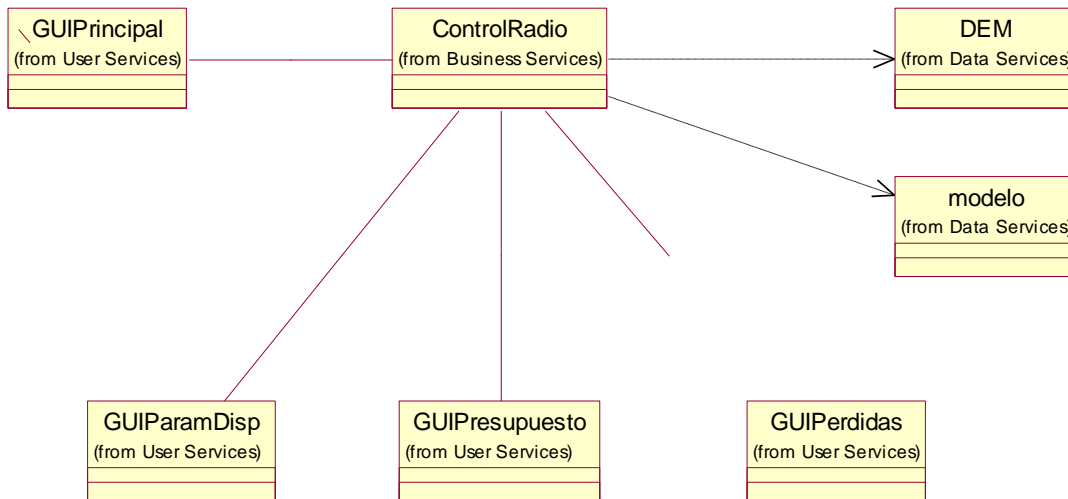


Figura 71. Diagrama de secuencia del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace

## b. Arquitectura – Iteración 1:



**Figura 72.** Arquitectura del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace

## c. Clases de Análisis

Clase de Análisis	Responsabilidades
GUIPrincipal	Recibir las solicitudes del diseñador
GUIPérdidas	Desplegar los resultados del cálculo de las pérdidas de trayecto
GUIParamDisp	Solicitar la selección de los parámetros de disponibilidad
GUIPresupuesto	Desplegar los resultados del cálculo del presupuesto del enlace
ControlRadio	Administrar los procesos asociados a DEM y a modelo
DEM	Contener la información del DEM
modelo	Contener la información de modelo

**Tabla 24.** Responsabilidad de las clases de análisis del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace

## 2.4 FLUJO DE TRABAJO: DISEÑO

### 2.4.1 Subsistemas de Diseño

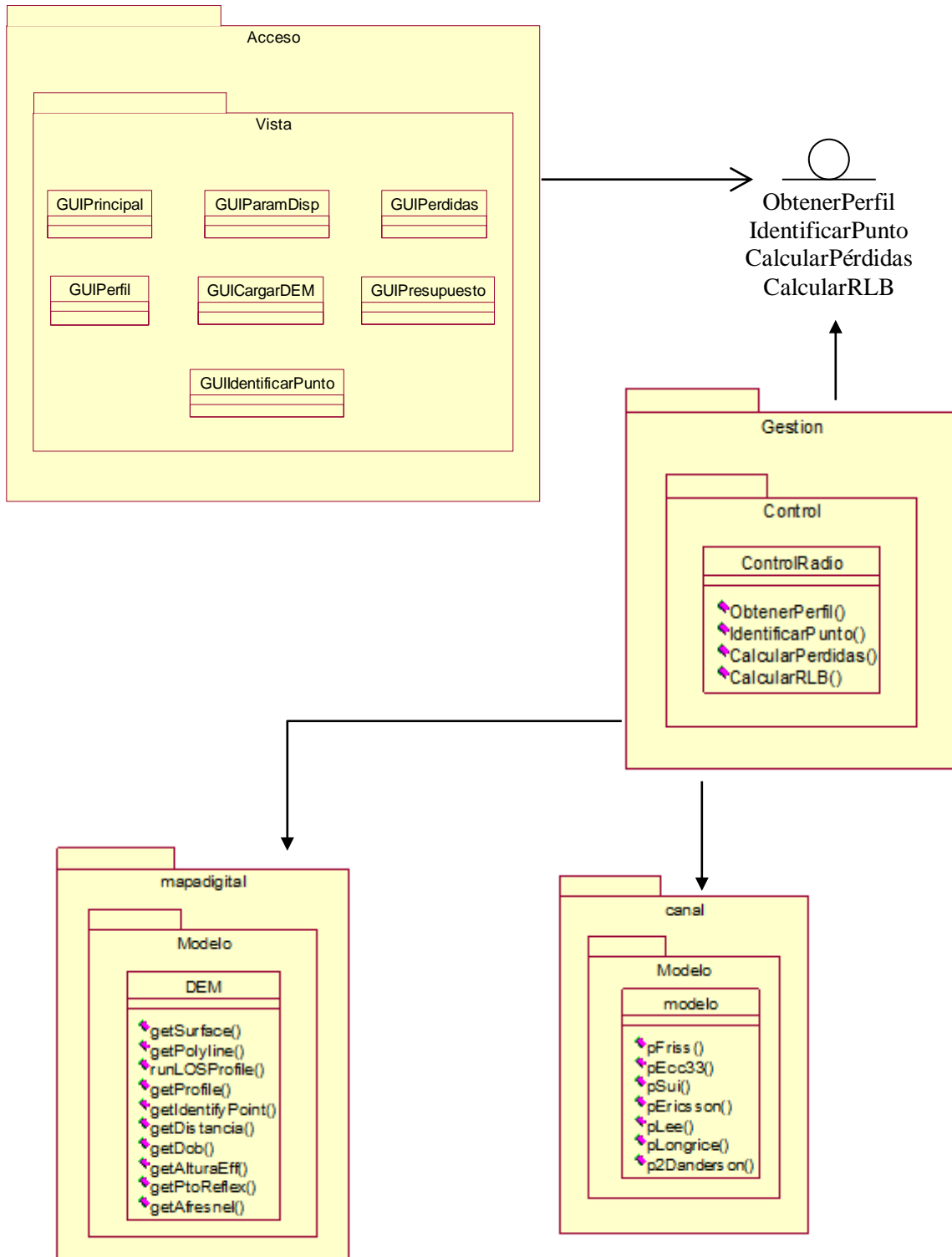
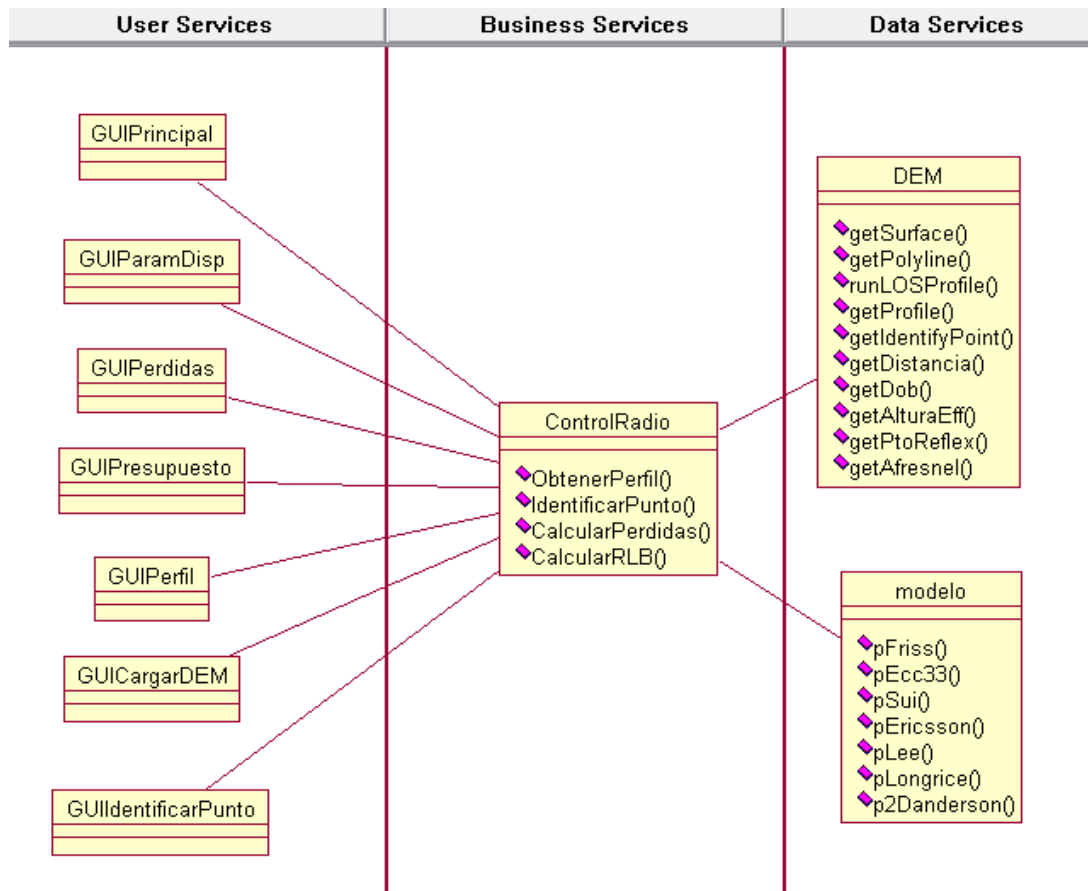


Figura 73. Relación entre Subsistemas de Diseño

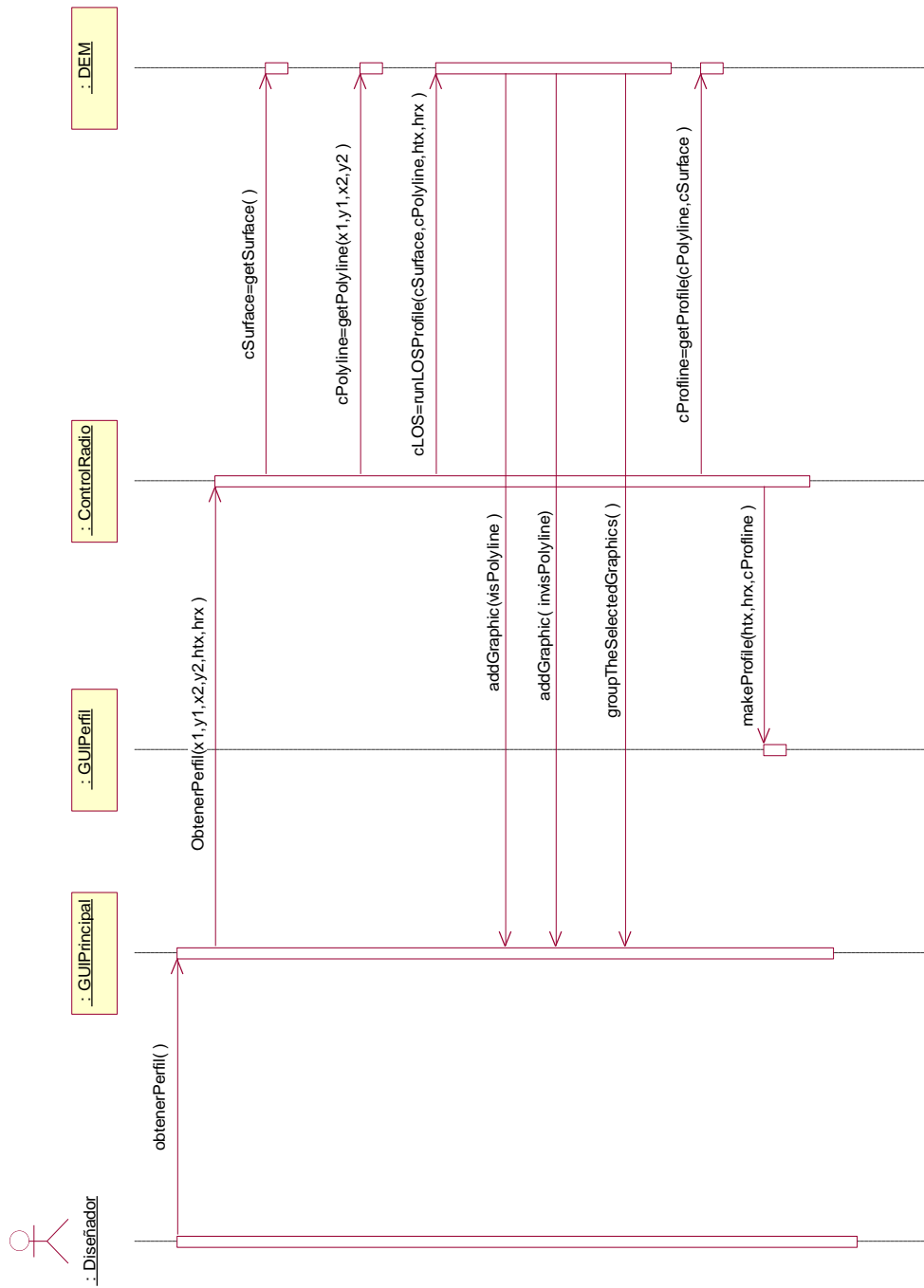




**Figura 74.** Diagrama de tres niveles del sistema

## 2.4.2 Diseño del Caso de Uso Calcular perfil del trayecto

### a. Diagrama de Secuencia



**Figura 75.** Diagrama de secuencia del caso de uso calcular perfil del trayecto

## b. Diagrama de Colaboración para el Caso de Uso Calcular perfil del trayecto

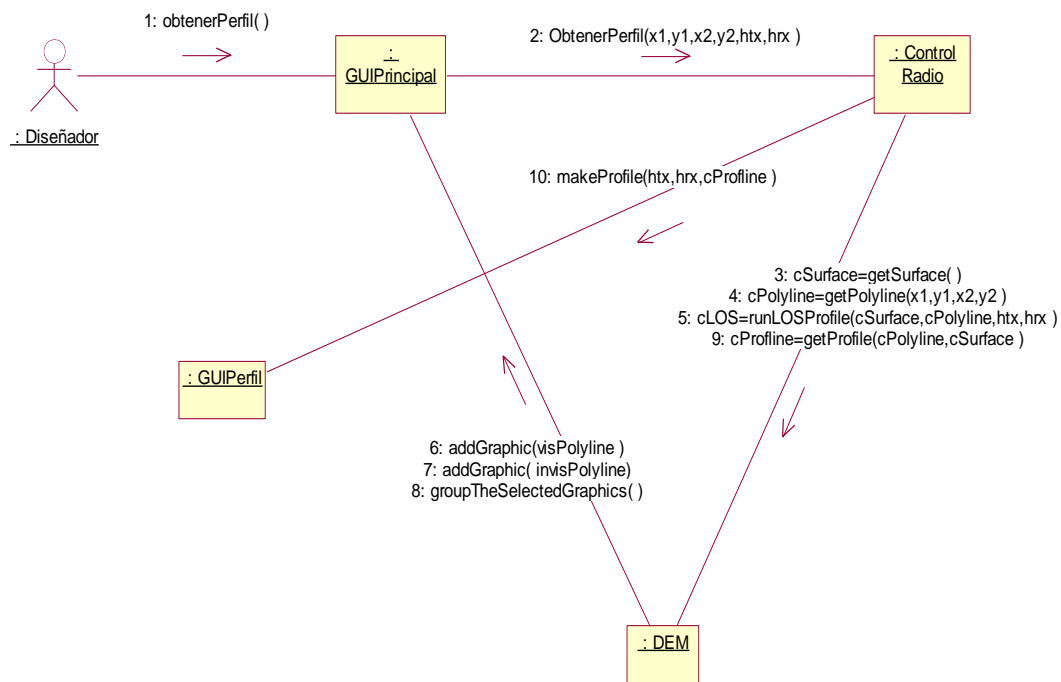


Figura 76. Diagrama de colaboración del caso de uso calcular perfil del trayecto

## c. Diagrama Parcial de Clases

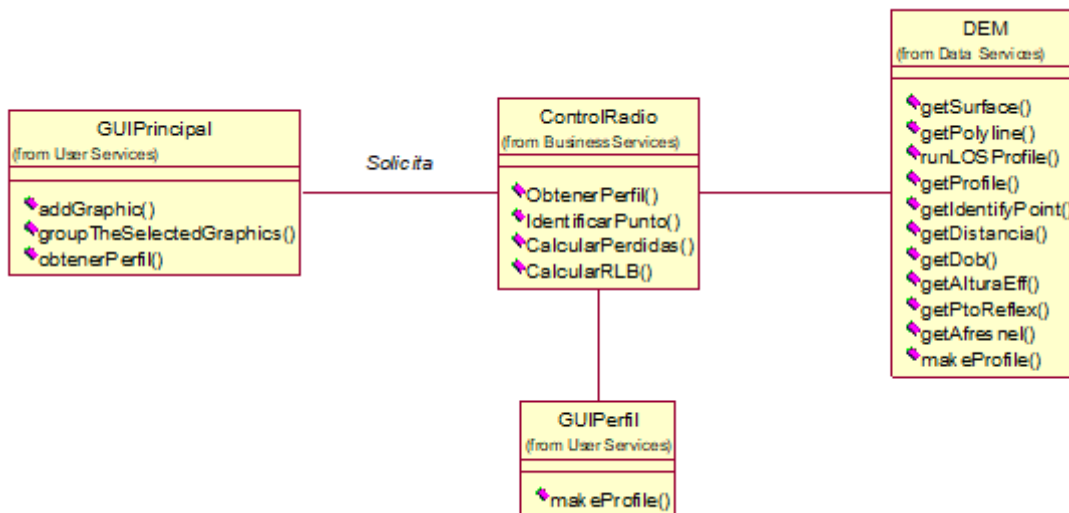
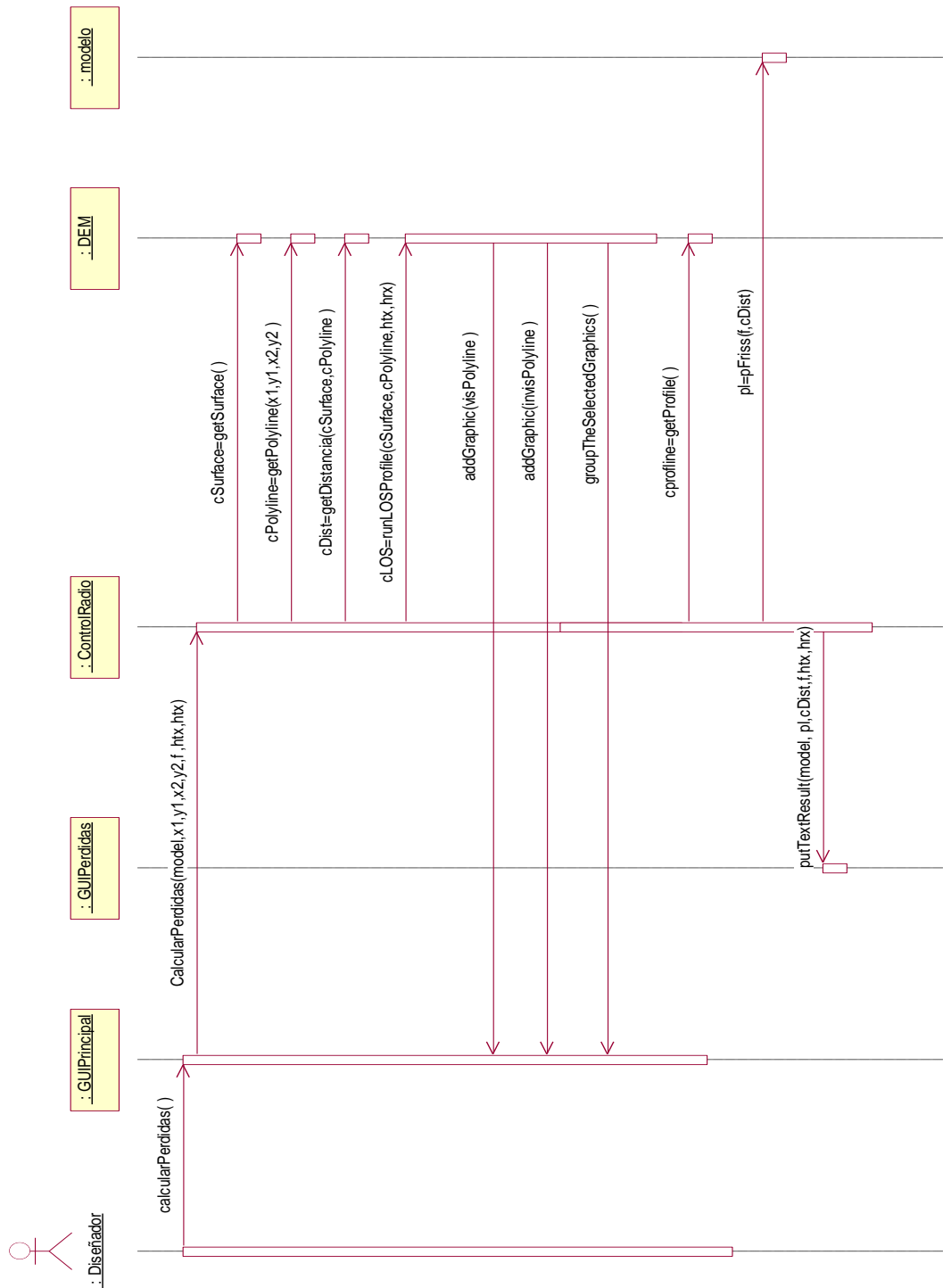


Figura 77. Diagrama de clases del caso de uso calcular perfil del trayecto

## 2.4.3 Diseño del Caso de Uso Determinar pérdidas de trayecto

### a. Diagrama de Secuencia



**Figura 78.** Diagrama de secuencia del caso de uso determinar pérdidas de trayecto

b. Diagrama de Colaboración para el Caso de Uso Determinar pérdidas de trayecto

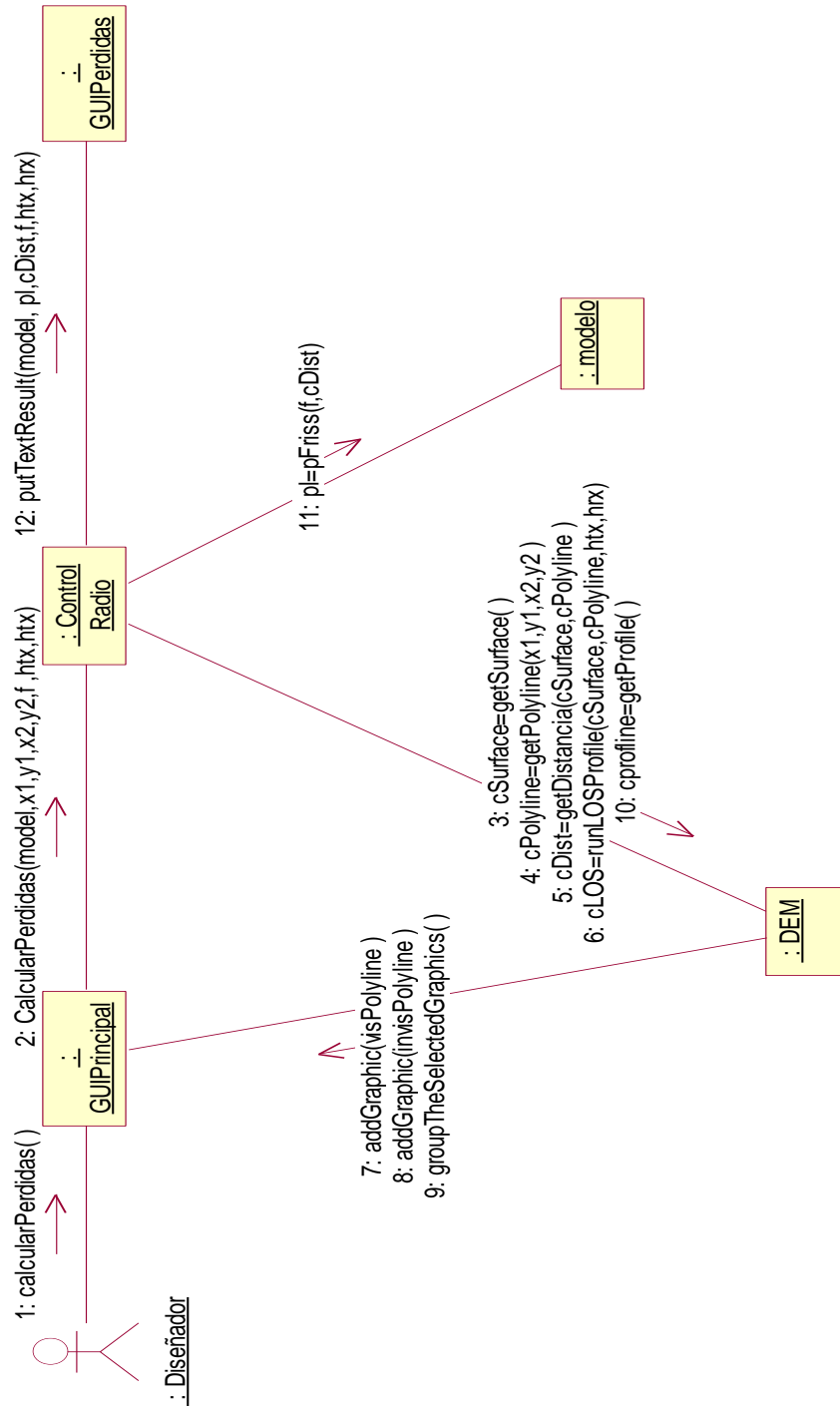
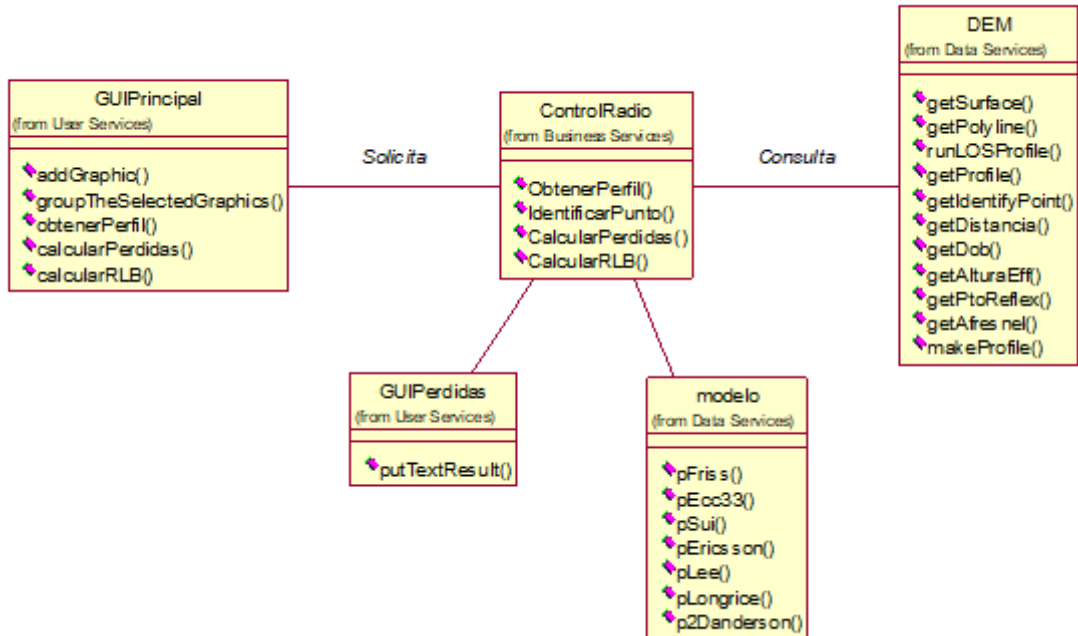


Figura 79. Diagrama de colaboración del caso de uso determinar pérdidas de trayecto

### c. Diagrama Parcial de Clases



**Figura 80.** Diagrama clases del caso de uso determinar pérdidas de trayecto

## 2.4.4 Diseño del Caso de Uso Calcular Presupuesto del radioenlace

### a. Diagrama de Secuencia

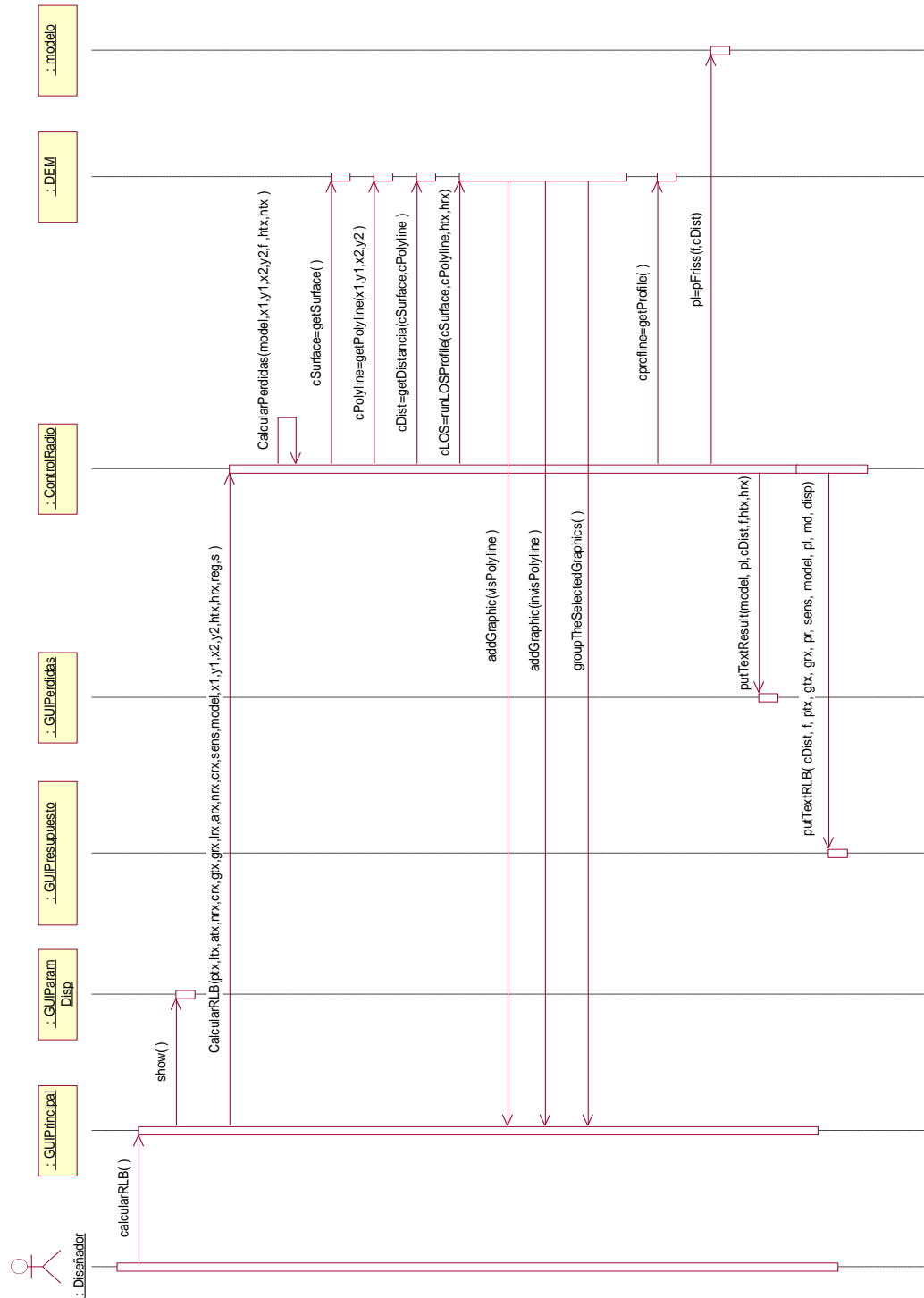


Figura 81. Diagrama de secuencia del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace

b. Diagrama de Colaboración para el Caso de Uso Calcular Presupuesto del radioenlace

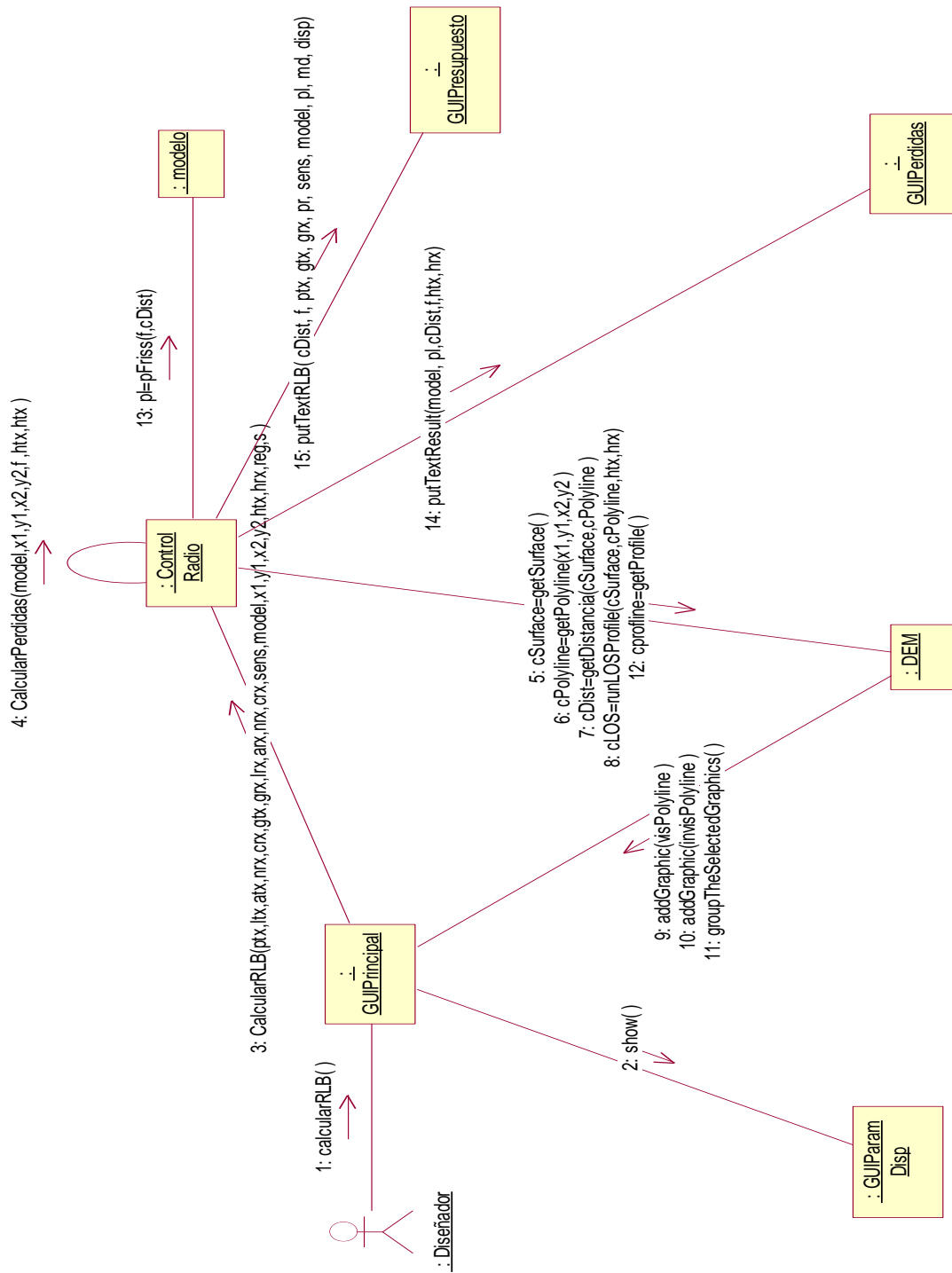
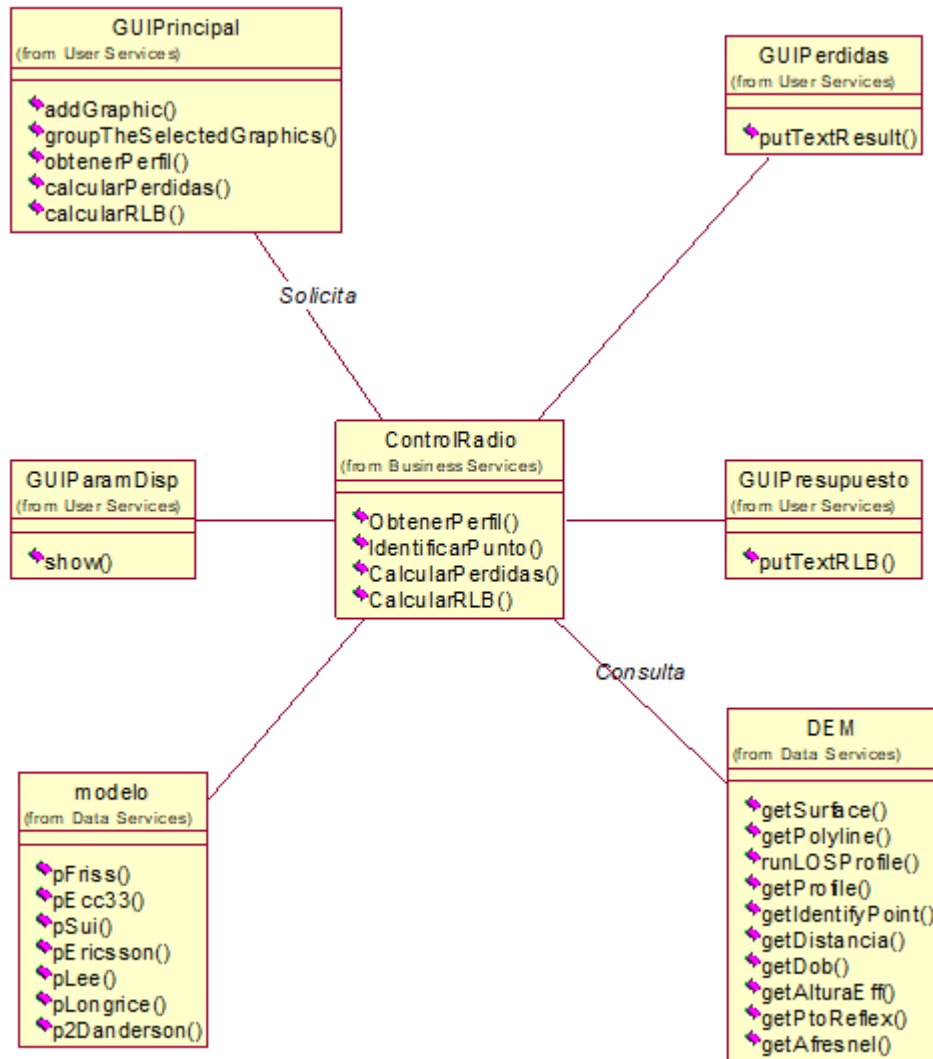


Figura 82. Diagrama de colaboración del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace



### c. Diagrama Parcial de Clases



**Figura 83.** Diagrama de clases del caso de uso calcular presupuesto del radioenlace

### 2.4.5 Diagrama General de Clases

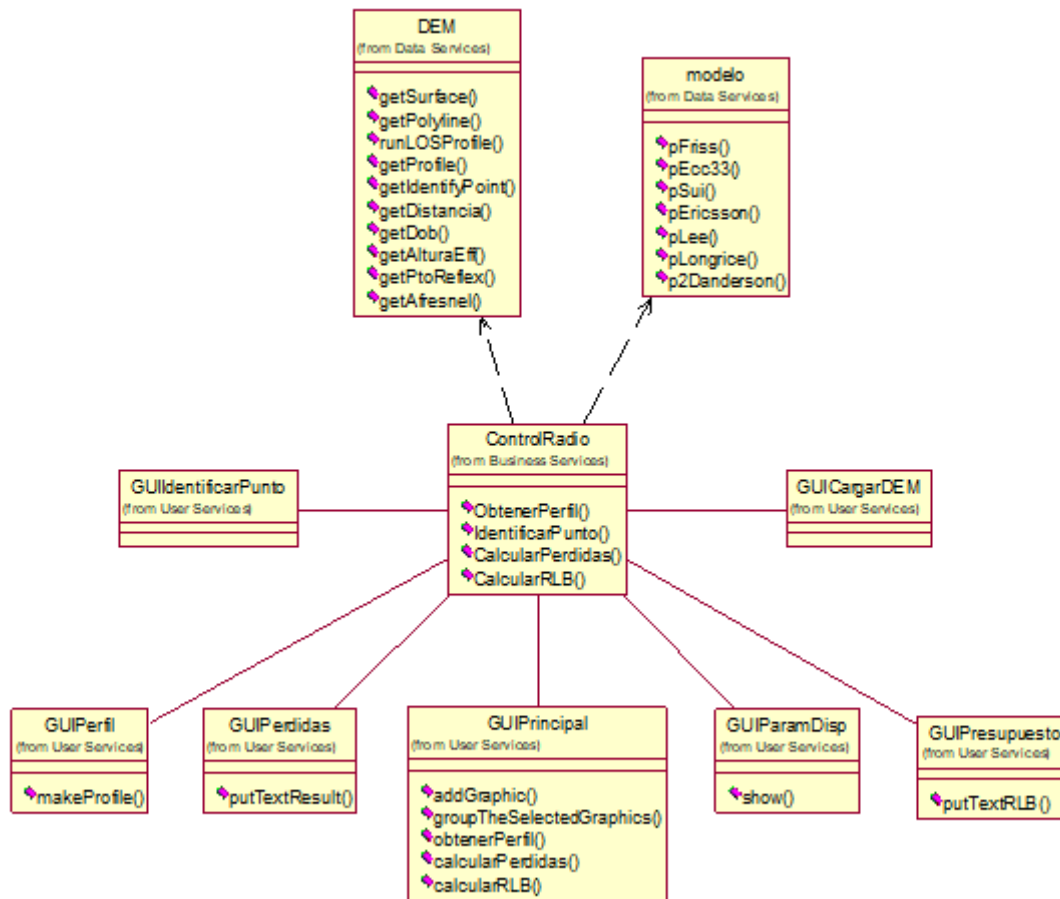


Figura 84. Diagrama de general de clases

## 2.5 DIAGRAMA DE COMPONENTES

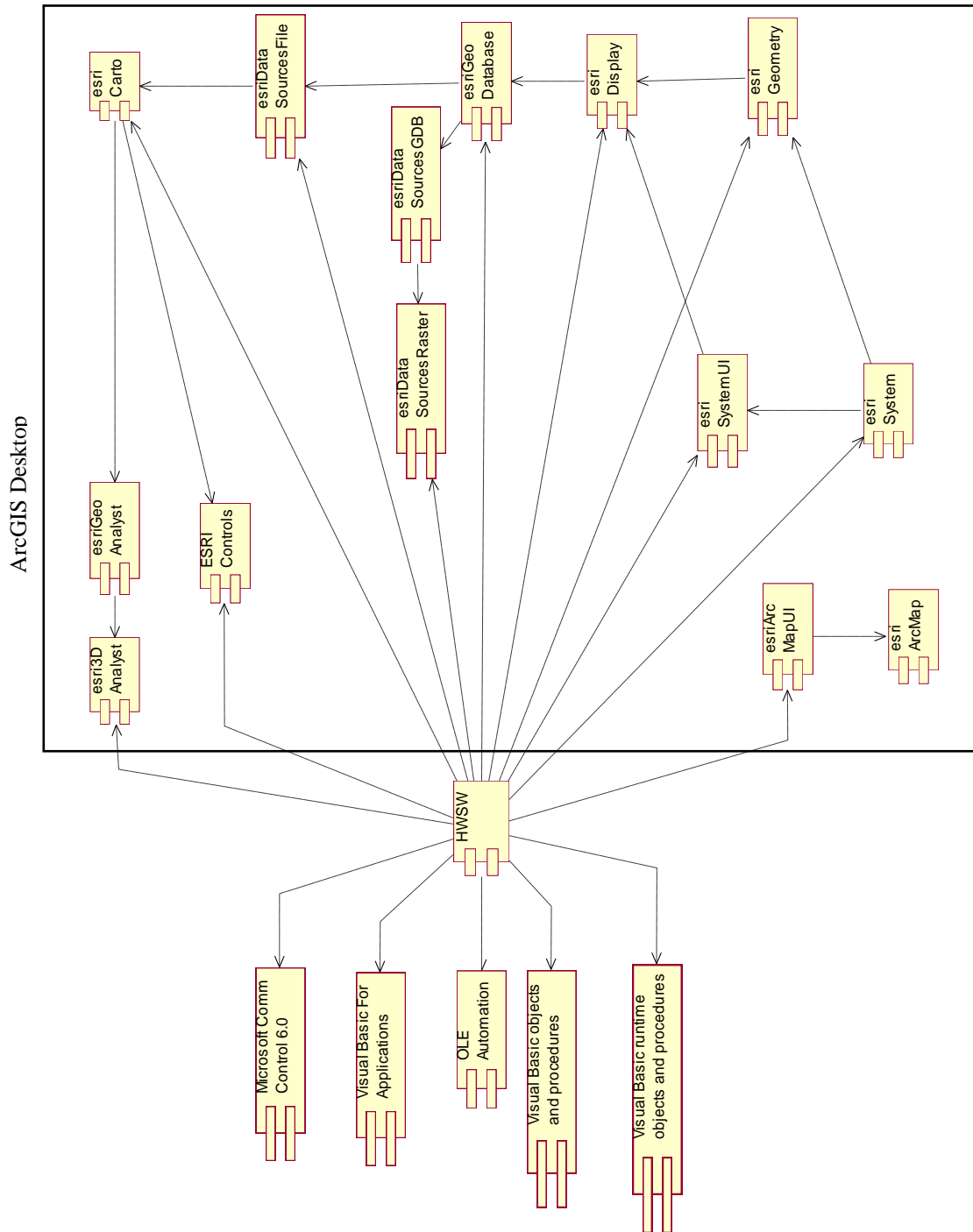


Figura 85. Diagrama de componentes

**HWSW:** Herramienta Software de Planeación Radio para Sistemas de Acceso Inalámbrico Fijo en Ambientes Rurales (v1.dll)