



# Unidad 09: Simulación de Radioenlaces para Exteriores

*Autor: Alberto Escudero Pascual, IT +46  
(Iniciándose con el "Radio Mobile") Traducido por: Américo Sánchez C, CEPES*

---

## Tabla de contenido

1. Sobre este documento.....	2
1.1 Información de propiedad intelectual.....	2
1.2 Grado de dificultad.....	2
1.3 Información sobre los iconos.....	2
2. Introducción.....	2
3. ¿Qué es Radio Mobile?.....	3
4. ¿Qué es SRTM?.....	3
5. Instalando Radio Mobile 7.9.4.....	4
6. Diseñando con Radio Mobile.....	4
6.1 Posición y Cartografía.....	5
6.2 Propiedades y topología de la red inalámbrica.....	7
6.2.1 Creando una red lógica.....	8
6.2.2 Creación de especificaciones de sistemas.....	9
6.2.3 Crear y posicionar unidades.....	11
6.2.4 Membresía de red.....	12
6.3 Análisis de presupuesto de Radio Enlace.....	13
6.4 Área de cobertura.....	16
7. Conclusiones.....	16
8. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual.....	17

# 1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o [www.wilac.net/tricalcar/](http://www.wilac.net/tricalcar/). Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <<http://www.apc.org/wireless/>>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

## 1.1 Información de propiedad intelectual





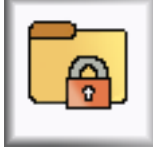
Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica**. Para ver los términos completos de esta licencia: [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es\\_MX](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX)

## 1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es "medio".

## 1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

# 2. Introducción

En la unidad "Prospección de sitio" discutimos la necesidad de hacer una buena prospección de sitio antes de comprar equipamiento. Una típica prospección de sitio incluye detalles acerca de la existencia de infraestructura física y técnica, licencias para el uso del espectro, acceso a la electricidad y a Internet, etc. Un estudio de viabilidad de su red puede y debe incluir una simulación del diseño propuesto.

Simulando el despliegue de su red, usted será capaz de evaluar la viabilidad de una arquitectura de red (topología) y estimar el número de nodos necesarios para cubrir una determinada área. Esta

unidad sirve como una introducción al software “Radio Mobile”, una herramienta para simulación de radio para exteriores.

### 3. ¿Qué es Radio Mobile?



*Radio Mobile es una herramienta de software escrita por Roger Coudé (VE2DBE) para predecir el desempeño de sistemas de radio en exteriores.*

Aunque fue inicialmente concebido para sistemas de radio aficionados tradicionales (comunicaciones de voz y datos en UHF y VHF), permite cálculos de presupuesto de enlaces en un amplio rango de frecuencias y es usada también por profesionales.

Radio Mobile usa modelos digitales de elevación de terreno (mapas digitales) para calcular automáticamente el perfil del trayecto entre el transmisor y el receptor.

El software usa el Modelo del Terreno Irregular (ITM por su siglas en inglés) para propagación de radio. El modelo ITM de Longley-Rice (1968) es un modelo de propósito general basado en la teoría electromagnética y el análisis estadístico de las características del terreno. Radio Mobile utiliza el modelo ITM, y debido a que el modelo es válido en un rango de 20MHz a 20GHz el software puede ser usado para predecir la atenuación de las señales de radio en sistemas WLAN Y WMAN.

Radio Mobile no sólo calcula presupuestos del enlace sino también produce una variedad de mapas virtuales, vistas 3D, vistas estereoscópicas y hasta animaciones. Además, proporciona toda la información necesaria para alinear las antenas tanto en el plano horizontal como vertical.



Si va a usar Radio Mobile para sus simulaciones, descargue todos los mapas requeridos antes de ir al campo. Podría requerir de 2 a 10 MB de cartografía digital.

### 4. ¿Qué es SRTM?

SRTM son las siglas de Shuttle Radar Topography Mission y es un proyecto de la NASA que proporciona información topográfica digital gratuita. Esta cartografía contiene muestras de datos de alturas obtenidas por radar.

Para Latinoamérica, las imágenes tienen una resolución de 3 segundos de arco correspondiendo a unos 90 metros.

## 5. Instalando Radio Mobile 7.9.4<sup>1</sup>

Radio Mobile está escrito en Visual Basic y requiere que se instale el Visual Basic Runtime (Service Pack 6); descargue el “**vbrun60sp6**”, instálelo y reinicie su computador.

Una vez que tenga el Visual Basic Runtime instalado, descargue los siguientes archivos:

- Ejecutables de Radio Mobile (**rmw794.zip**)
- Complementos de Radio Mobile (**sup.zip**)
- Ejemplos de redes de Radio Mobile (**net.zip**)

Son necesarias tres librerías adicionales (**DLLs**) para funcionalidad extra:

- Para salvar las imágenes en formatos jpeg, tiff y png: (**freeimage.zip**)
- Para la descarga automática de archivos SRTM comprimidos en ZIP (**unzip32.zip**)
- Para trabajar con Acimut relativo al Norte Magnético (**geoStarsLib.zip**)

Como el software no incluye un instalador, lo más fácil es crear una nueva carpeta <C:\Archivos de programa\RM794> y descomprimir todos los archivos allí.



Puede encontrar todos los enlaces del software aquí: <http://www.cplus.org/rmw/download.html>

Asegúrese de tener el Visual Basic Runtime instalado. Radio Mobile no incluye un instalador, cree una nueva carpeta <C:\Archivos de programa\RM794> y descomprima todos los archivos allí.

## 6. Diseñando con Radio Mobile

Como un corto tutorial de Radio Mobile, nos enfocamos en cuatro tareas que nos permitirán descubrir todo el potencial del software:

1. Posición y Cartografía:
  - ¿Cuál es el **lugar**?
  - ¿Qué **mapas** podemos usar? (ver sección 6.1)
2. Propiedades y topología de la red inalámbrica:
  - ¿Qué **tipo de equipamiento** queremos usar?
  - ¿**Dónde** ubicaremos las unidades de radio? (ver sección 6.2)
3. Análisis del presupuesto del enlace:
  - ¿Cuales **son las prestaciones** de cada enlace? (ver sección 6.3)
4. Áreas de Cobertura:

---

1. Para junio de 2007, la última versión del software es la 8.0.5, y también existe una versión en español.

- Cuál es la **máxima distancia** que podemos cubrir? (ver sección 6.4)

## 6.1 Posición y Cartografía

File > Map Properties

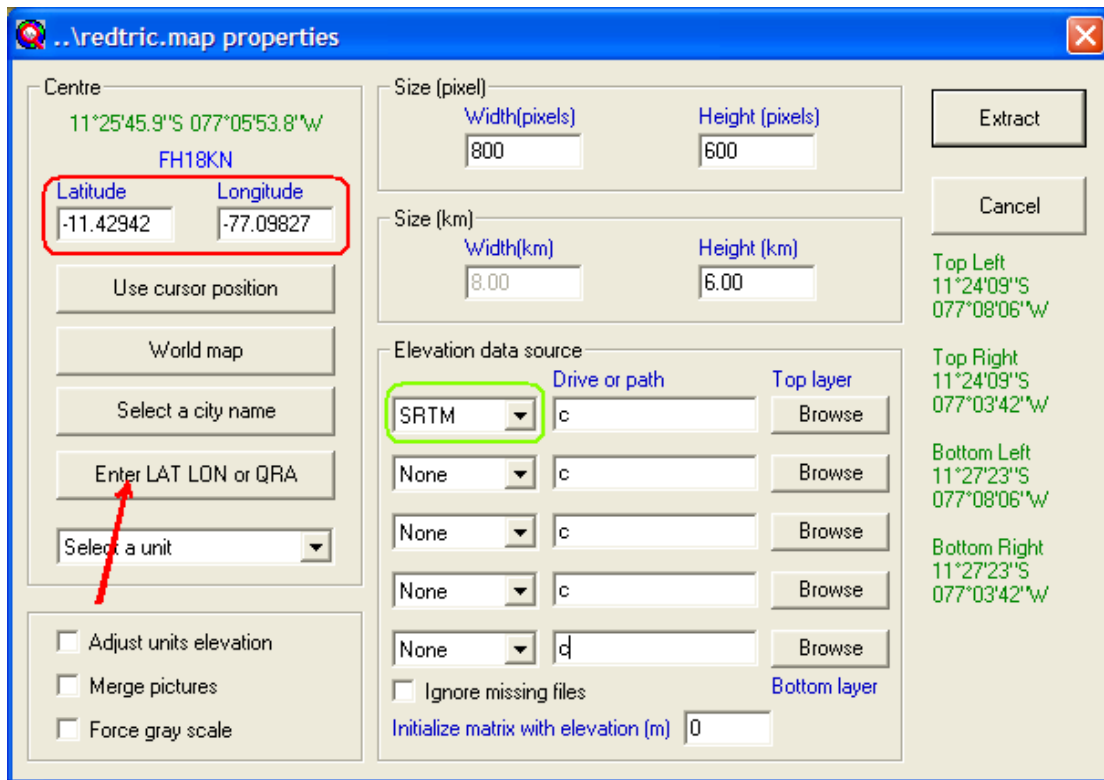


Figura 1: Insertando su posición GPS y la fuente de cartografía digital

1. Con la ayuda de un GPS o de Internet, encuentre las coordenadas de su lugar de estudio. Incluya la latitud (LAT) y la longitud (LON) (flecha roja).
2. Escoja qué **tipo** de mapas digitales quiere usar, el SRTM (área encerrada en color verde) es un buen valor por defecto. El proyecto de la NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) contiene información de elevación de escala global y es una de las más completas base de datos topográficas digitales de alta resolución.
3. Defina la resolución del mapa y el área de simulación (km):
  - Establezca el tamaño [px] (buen valor por defecto es 800x600)
  - Establezca el área [km] que quiera abarcar (un buen valor por defecto es 8km x 6 km)

Ahora vamos a:

Options > Internet

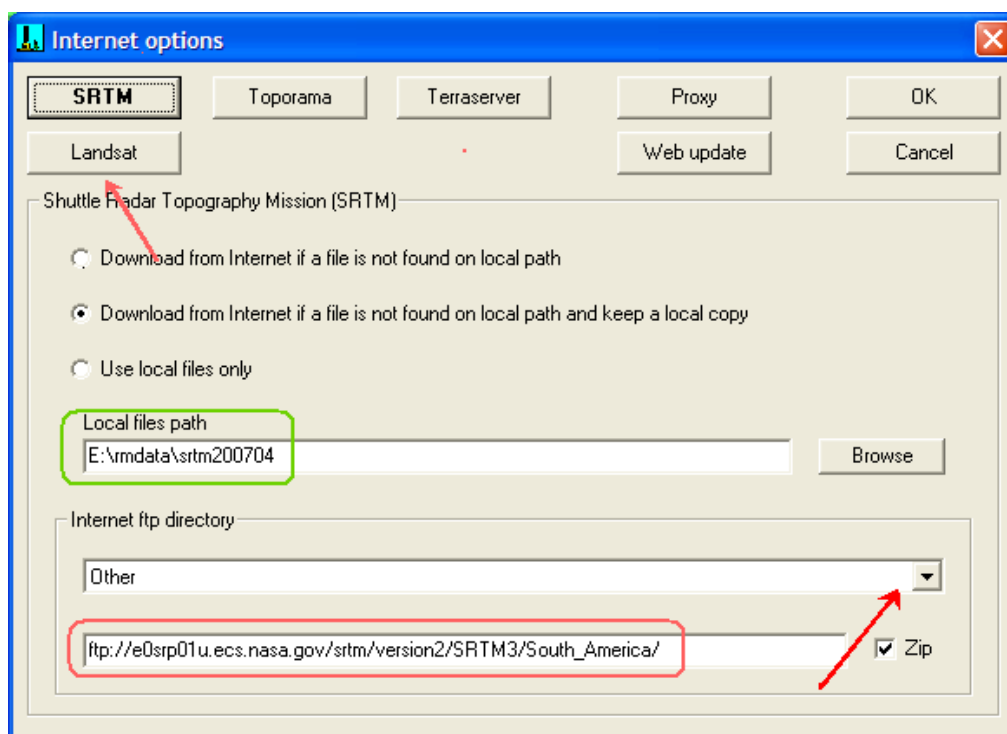
En este menú, seleccionará las fuentes por defecto para las imágenes digitales SRTM y especificará si quiere guardar una copia local de las mismas. En el ejemplo, estoy descargando los archivos SRTM de la NASA desde un sitio ftp (área encerrada en color rojo) y almacenando los archivos en E:\rmdata\srtm200704 cuando se descargan.

En nuestro ejemplo, estamos usando SRTM como fuente de cartografía digital:

1. Use uno de los sitios de descarga predefinidos de mapas SRTM o ingrese su propia URL (flecha roja).
2. Almacene los archivos localmente cuando descarguen, indique el directorio de descarga E:\rmdata\srtm200704 (área encerrada en color verde).



Si quiere usar los más recientes mapas SRTM versión 2, use la siguiente URL: [ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/South\\_America](ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/South_America). Si tiene problemas para descargar los mapas, asegúrese de que no está detrás de un firewall que bloquee FTP pasivo.



**Figura 2:** Escogiendo la fuente de cartografía SRTM

## 6.2 Propiedades y topología de la red inalámbrica

Vale la pena tomarse el tiempo de entender la diferente terminología que Radio Mobile usa en el software:

- **Network:** (red) una red es un grupo de unidades de radio operando a una frecuencia dada (rango) bajo las mismas condiciones de clima y terreno.
- **System:** (sistema) una especificación de un sistema incluye una unidad de radio, antenas, cables, pérdidas y alturas de torres. No es la unidad de radio física en sí misma, es una especificación funcional que puede estar asociada a unidades físicas. En Radio Mobile, un “sistema” es un kit de radio predefinido.
- **Unit:** (unidad) el equipamiento de cierto tipo de “sistema” que colocamos en una ubicación física específica.
- **Membership:** (membresía) el acto de definir qué unidades son miembros de una red y cuáles son sus especificaciones (sistema).

Imagine el siguiente escenario:

- Ubique una unidad de radio repetidora en el alto de un cerro e interconecte a dos unidades clientes (Cuyo y Huayan)<sup>2</sup> La red está compuesta de tres unidades (Repetidor Prueba + Cuyo + Huayan)
- Tenemos dos tipos de sistemas, uno con una antena omnidireccional y alta potencia de salida y un segundo tipo de sistema con una antena direccional y potencia de salida media. Llamaremos estos sistemas (*Sistema Repetidor 1 W*) y (*Sistema Cliente 0.03 W*).
- Queremos usar una unidad de tipo (*Sistema Repetidor 1 W*) en el repetidor, y dos unidades (*Sistema Cliente 0.03 W*) como clientes, en Cuyo y Huayan.
- Estamos buscando el mejor lugar para el repetidor. Llamaremos a esta red (*Mejor Repetidor*) y operará en la banda de 2.4 GHz. Miembros de esta red son: Repetidor Prueba, Cuyo y Huayan.

Las siguientes configuraciones se hacen en **Network Properties y Unit Properties**

1. Creación de una nueva “red lógica” (Crear red: Mejor Repetidor) (*ver sección 6.2.1*)
  - **File > Network Properties > Parameters**
2. Definir los tipos de sistemas que va a tener la red (Crear Sistemas: Repetidor 1 W, Cliente 0,03 W) (*ver sección 6.2.2*)
  - **File > Network Properties > Systems**
3. Crear y ubicar las unidades en una locación física (Crear y posicionar Cuyo, Huayan, Repetidor Prueba) (*ver sección 6.2.3*)

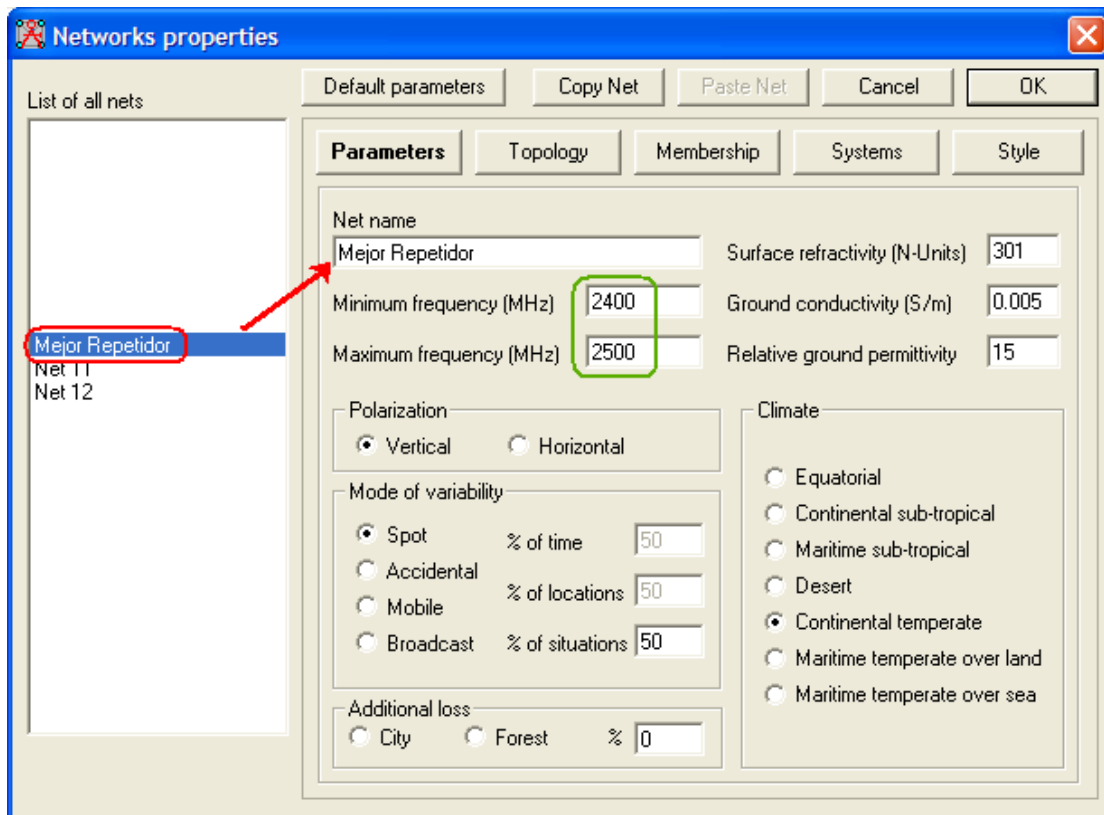
---

2. Ambos son telecentros del proyecto SIA Huaral.

- **File > Unit Properties**
4. Asociar unidades a una red. Asociar unidades a una especificación de “sistema”. (ver sección 6.2.4)
- **File > Network Properties > Membership**

### 6.2.1 Creando una red lógica

File > Network Properties > Parameters



**Figura 3:** Creando una nueva “red lógica”



Crear una nueva red lógica sólo requiere que especifique el rango de frecuencia (**área encerrada en color verde**) y el nombre de la red (**flecha roja**).

Aunque hay muchos otros parámetros que puede configurar en esta sección, preste especial atención a la *frecuencia de operación*.



## 6.2.2 Creación de especificaciones de sistemas

File > Network Properties > Systems

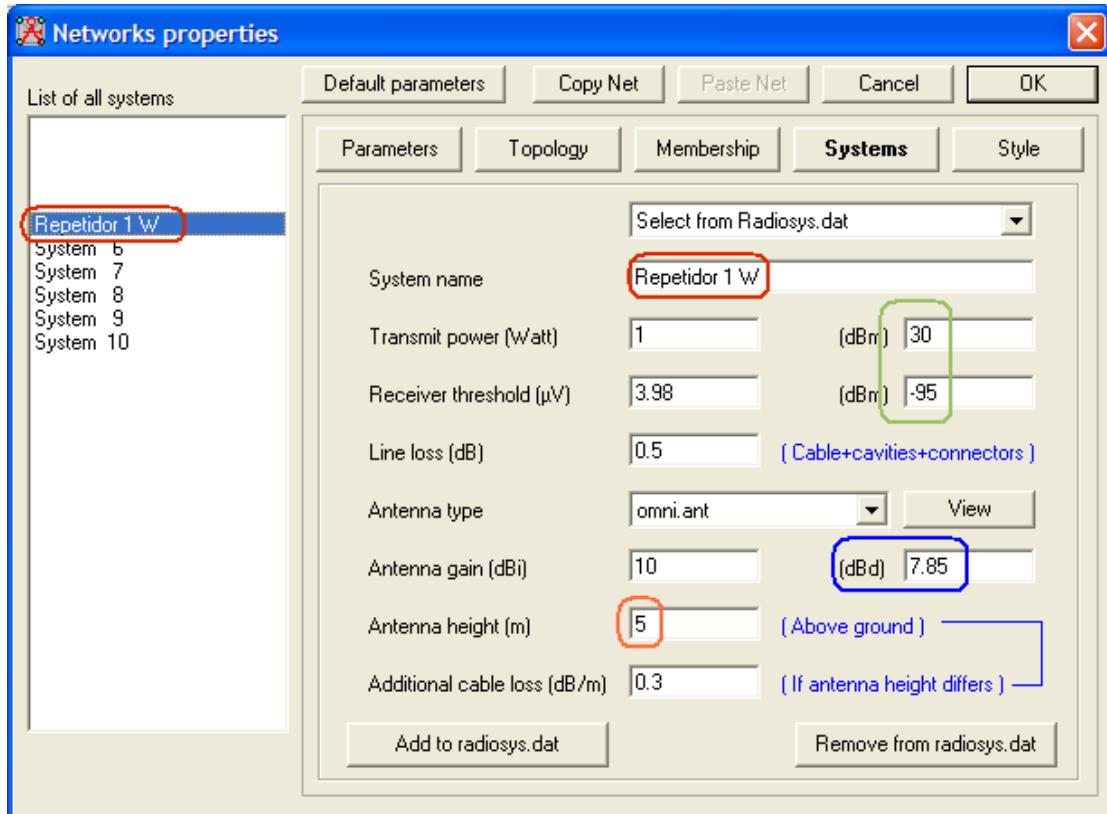


Figura 4: Creando el nuevo sistema “Repetidor 1 W”

Revise la hoja de especificaciones del equipamiento que planea usar e ingrese los valores correspondientes.

Vamos a crear dos tipos diferentes de sistemas: un sistema repetidor operando con 1 W y uno de tipo cliente operando a 0.03 W.

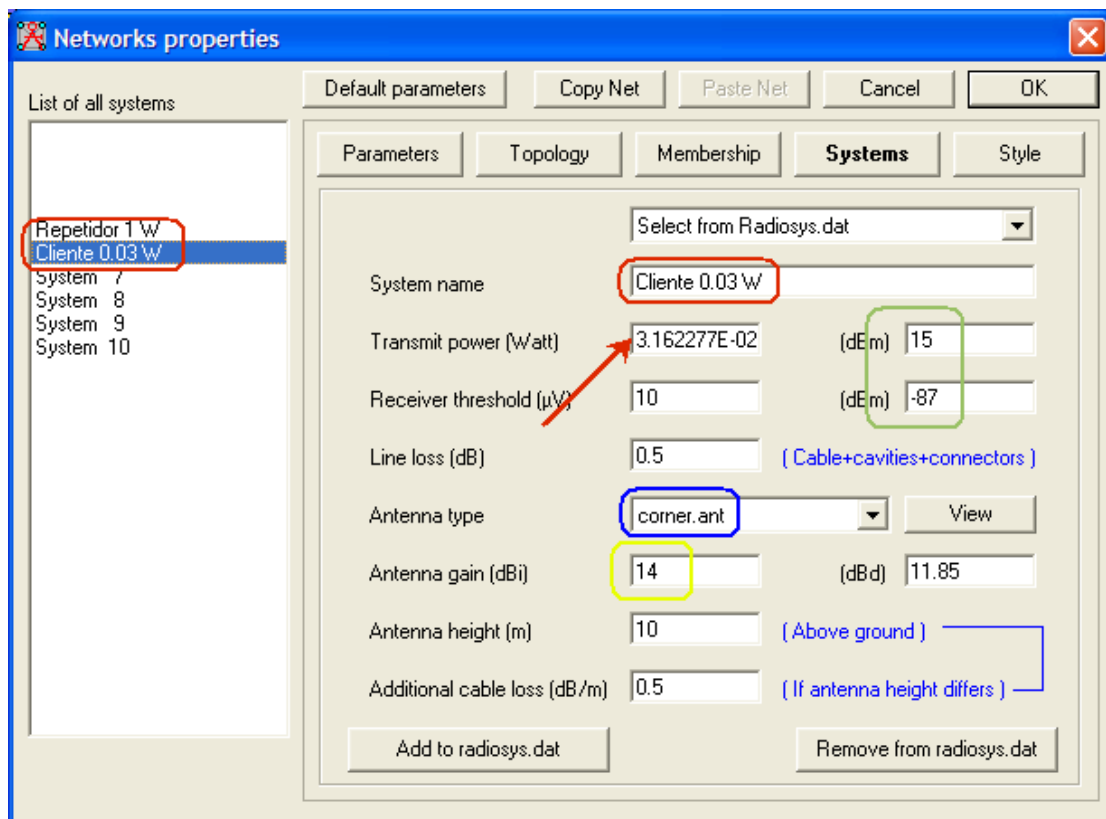
En este ejemplo estamos considerando un primer sistema (Repetidor 1 W) con una potencia de salida de 30dBm y una sensibilidad de receptor de -95dBm para 2Mbps (**área encerrada en color verde**).

Para esta especificación estamos considerando un valor por defecto de:

- 0.5 dB de pérdida (pigtail y conectores)
- 5 metros de cableado (**área encerrada en color naranja**)
- una antena omnidireccional de 10 dBi (6,85 dBd) de ganancia (**área encerrada en color azul**)



Es una buena idea ser siempre muy conservador en los valores de las simulaciones.



**Figura 5:** Creando el sistema “Cliente 0.03 W”

Esta segunda especificación (Cliente 0.03 W) incluye una antena más directiva (14dBi) (**área encerrada en amarillo**) y una potencia de salida menor (15dBm). Para antenas directivas escogemos el tipo de antena *corner.ant* (**área encerrada en azul**).

Note que puede ingresar la potencia de transmisión en dBm o en W (**flecha roja**).

## 6.2.3 Crear y posicionar unidades

### File > Unit Properties

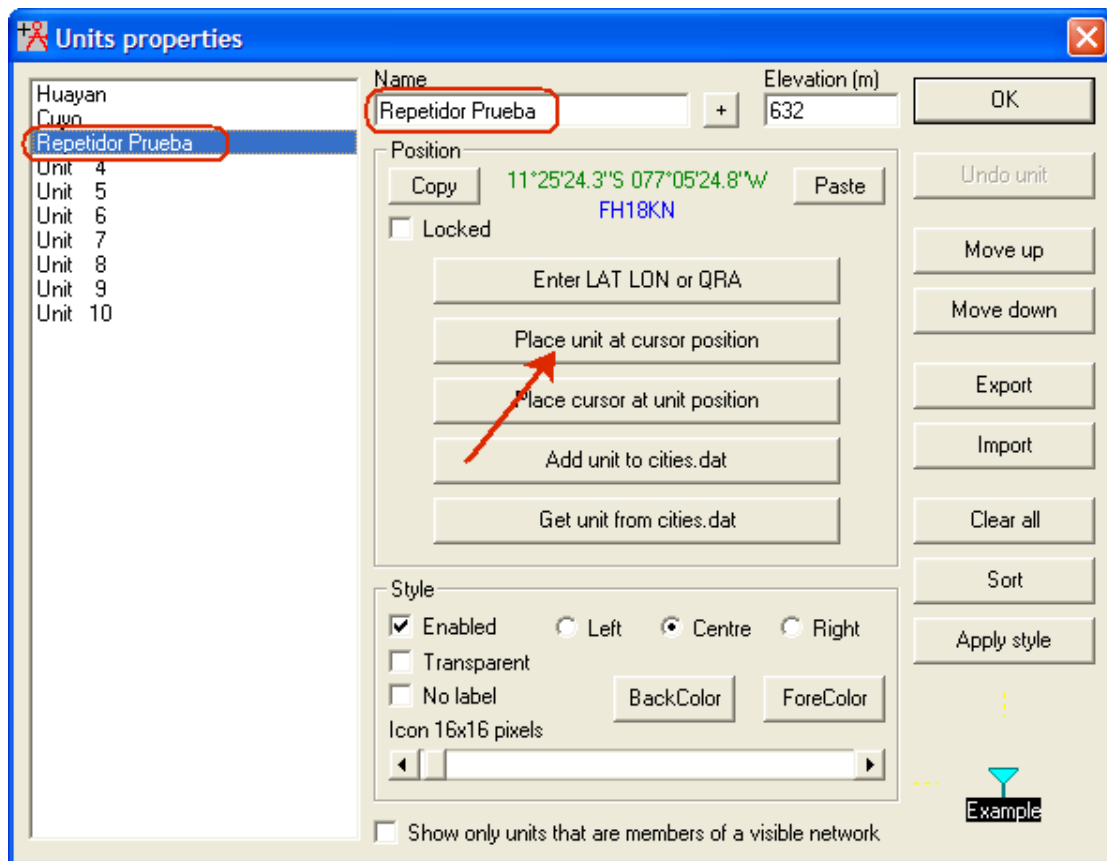


Figura 6: Creando y posicionando Unidades (en la cartografía)

En esta sección creamos (área encerrada en color rojo) y posicionamos las tres unidades (**flecha roja**). Cuando posicionamos las unidades (usando la posición del cursor), podemos usar la herramienta: Elevation grid (rejilla de elevaciones).

### View > Elevation Grid

La rejilla de elevaciones nos da la altitud de un lugar seleccionado y provee información acerca del más alto punto en los alrededores. En la figura, la rejilla muestra que el “cursor” está a los 632m sobre el nivel del mar. Para conseguir una mejor posición para nuestro repetidor podemos mover el cursor a la altura de 636 metros (flecha amarilla).

Luego abrimos **unit** y seleccionamos **place unit at cursor position**.

2. Las coordenadas de Cuyo son: 11°24'44.9"S 77°04'15.3"W y las de Huayan son 11°27'03.9"S 77°07'20.4"W

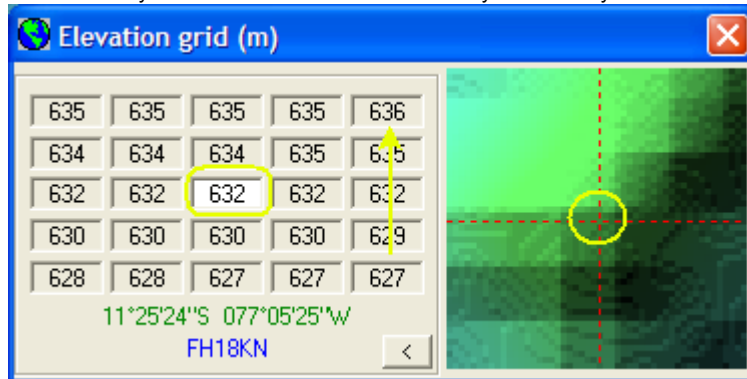


Figura 7: Usando la rejilla de elevación para posicionar una unidad en la posición del cursor

## 6.2.4 Membresía de red

File > Network Properties > Membership

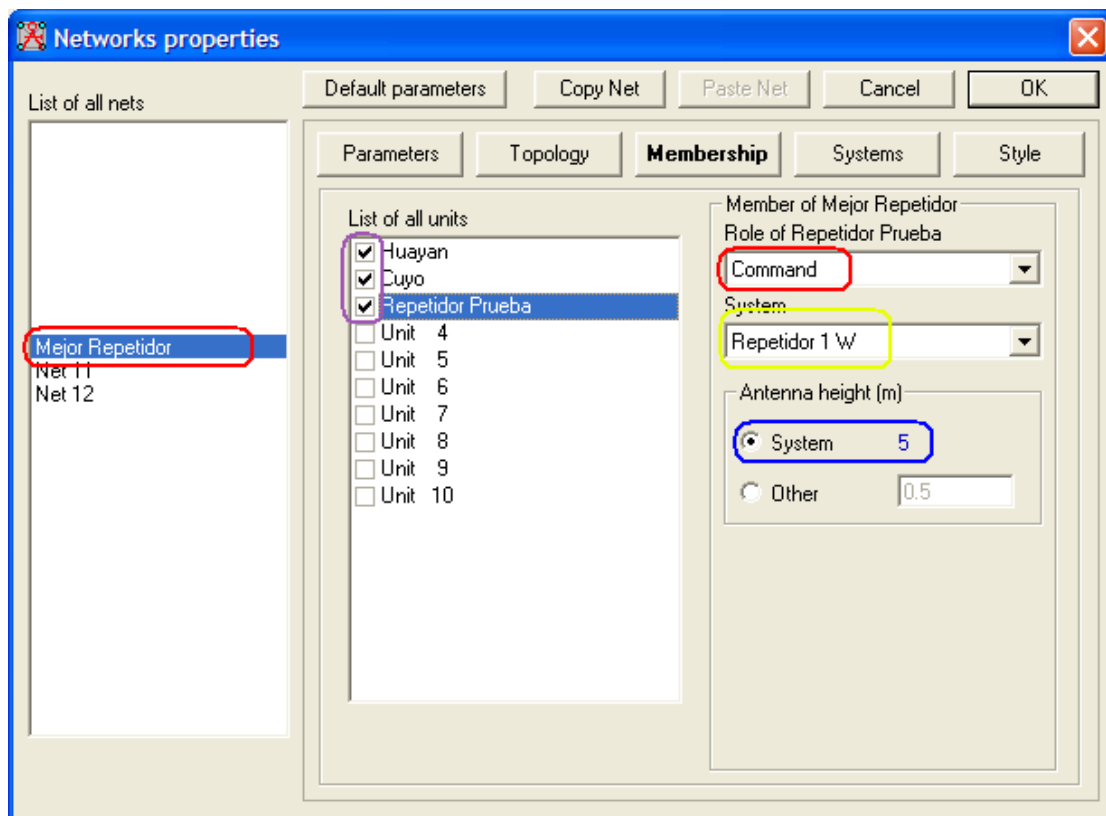


Figura 8: Juntando todos los elementos, red con unidades de un cierto tipo de sistema

En la sección previa creamos tres unidades; un repetidor (Repetidor Prueba) y dos clientes (Cuyo y Huayan). En la sección de membresía asociamos estas unidades físicas a la red (Mejor repetidor) y a los diferentes sistemas (Repetidor 1 W y Cliente 0,03W).

En esta sección también podemos especificar el rol de las unidades en la topología. Un valor por defecto es establecer todos los clientes como **Subordinados** (Subordinados) y el coordinador principal (repetidor, access point central) **Command** (Comando). Aquí, podemos cambiar el valor por defecto de la altura de la torre (área encerrada en color azul).

### 6.3 Análisis de presupuesto de Radio Enlace

Después de seguir los pasos descritos en 6.1.y 6.2 debería tener un diagrama similar a este. La figura muestra dos enlaces de radio desde la unidad comando (Repetidor Prueba) a las unidades subordinadas (Cuyo y Huayan).

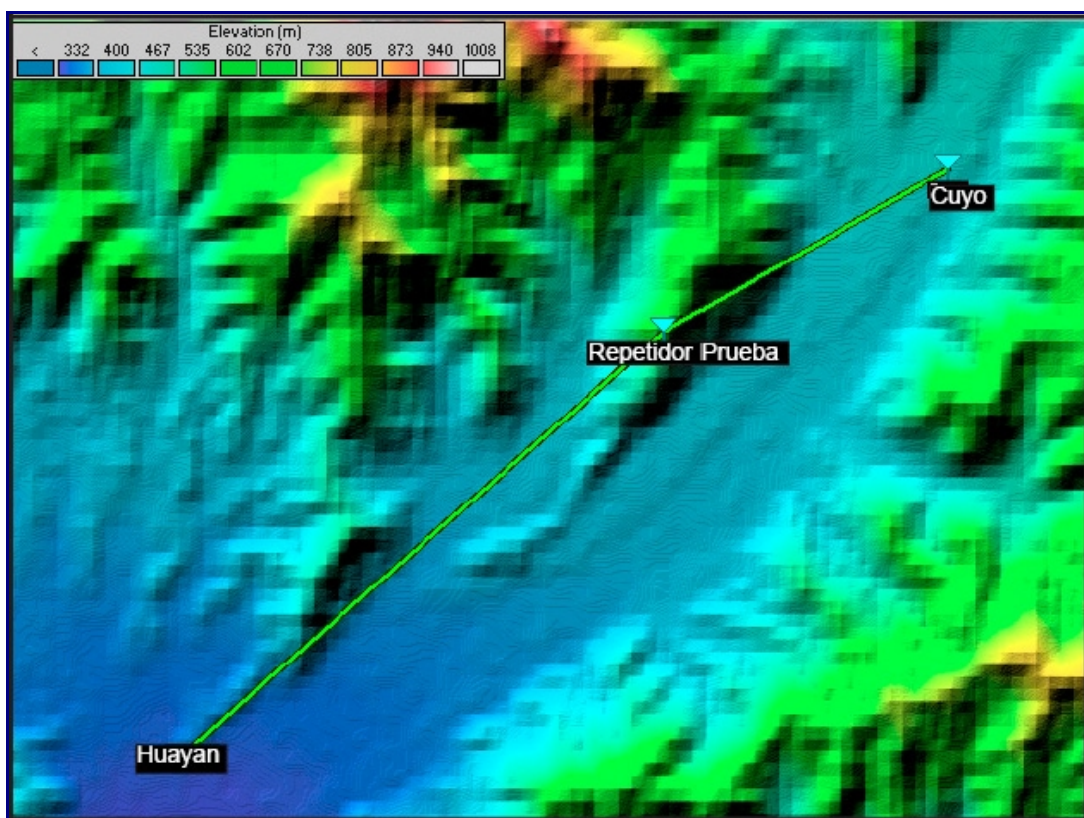
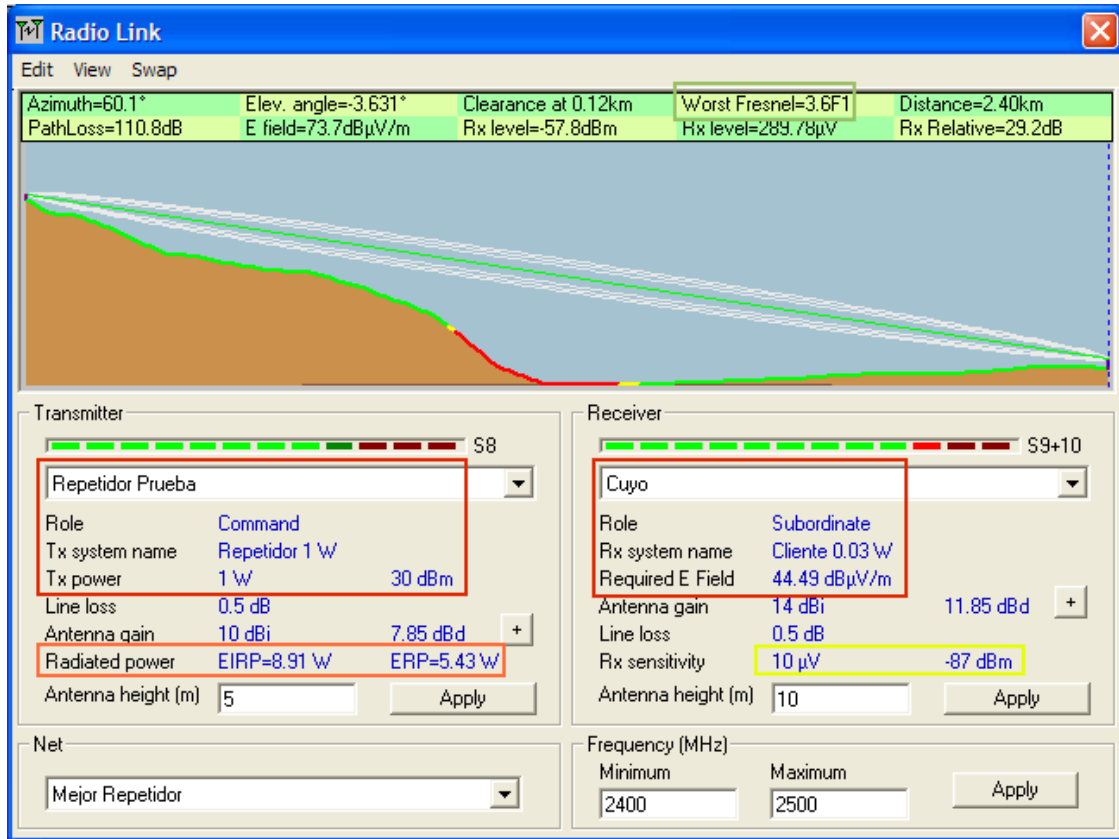


Figura 9: Primeros resultados de la simulación

Para examinar cada uno de los enlaces ir a:

**Tools > Radio Link**

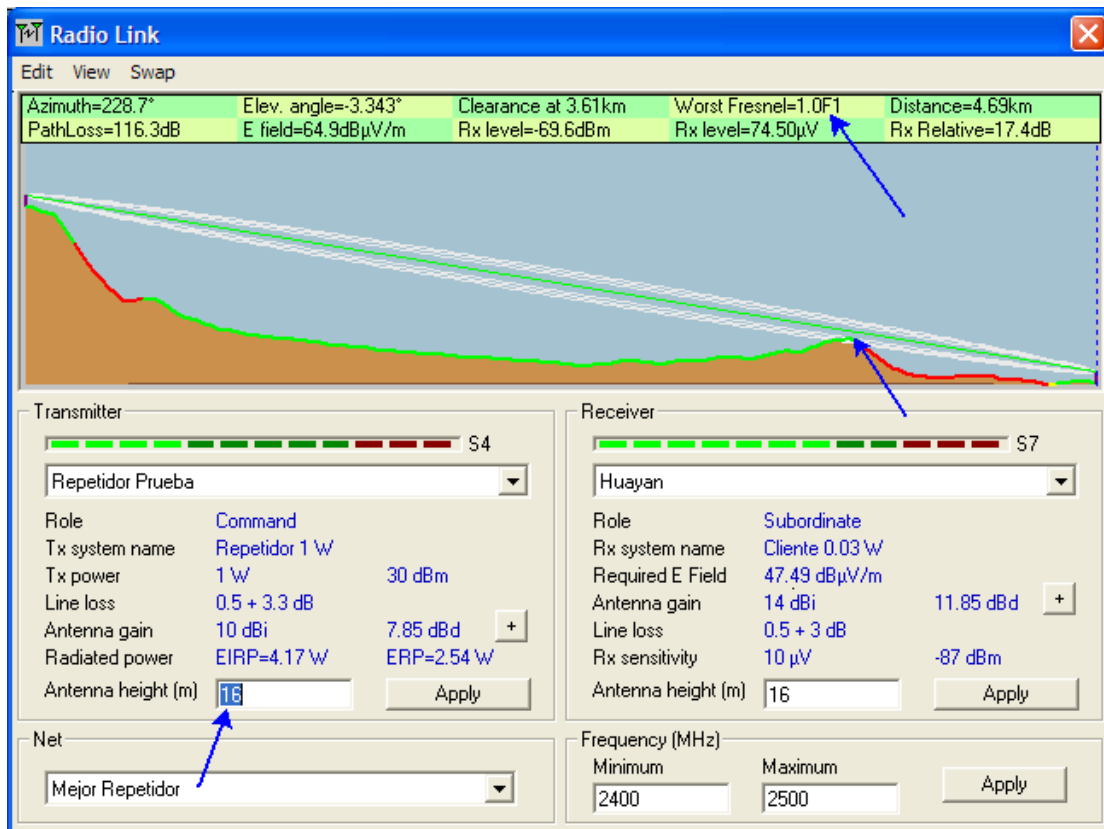


**Figura 10:** Detalles de una de las simulaciones de presupuesto de enlace

Cada uno de los enlaces de radio puede ser examinado en detalle. En la figura vemos el enlace de radio entre Repetidor Prueba y Cuyo (marco de color rojo). Entre otra información, Radio Mobile provee la potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP, por su sigla en inglés) del transmisor (marco de color naranja) y una medida de la señal recibida en el receptor (Rx Relative).



Para alinear las antenas los parámetros más importantes son el acimut y el ángulo de elevación. Utilice el acimut magnético para trabajar con brújula y el geográfico para trabajar con mapas.



**Figura 11:** Cambiando el tamaño de la torre para liberar la primera zona de Fresnel (1.0F1)

El análisis del presupuesto del enlace es muy útil para diseñar la altura de nuestras torres de radio. En nuestro ejemplo hemos cambiado los valores por defecto de 5m y 10m a 16m en ambos lados del radio enlace para ser capaces de liberar la primera zona de Fresnel.



Al usar una herramienta de simulación de radio como “Radio Mobile” requeriremos siempre de muchas iteraciones y de afinar nuestros valores de diseño. El software permite salvar sus “sistemas” en una base de datos interna .sys.

## 6.4 Área de cobertura

Si está planeando una red inalámbrica punto a multipunto, va a estar interesado en el área de cobertura de una “access point” o repetidor dado. Radio Mobile ofrece también la posibilidad de crear gráficos polares simples.

Tools > Radio Coverage

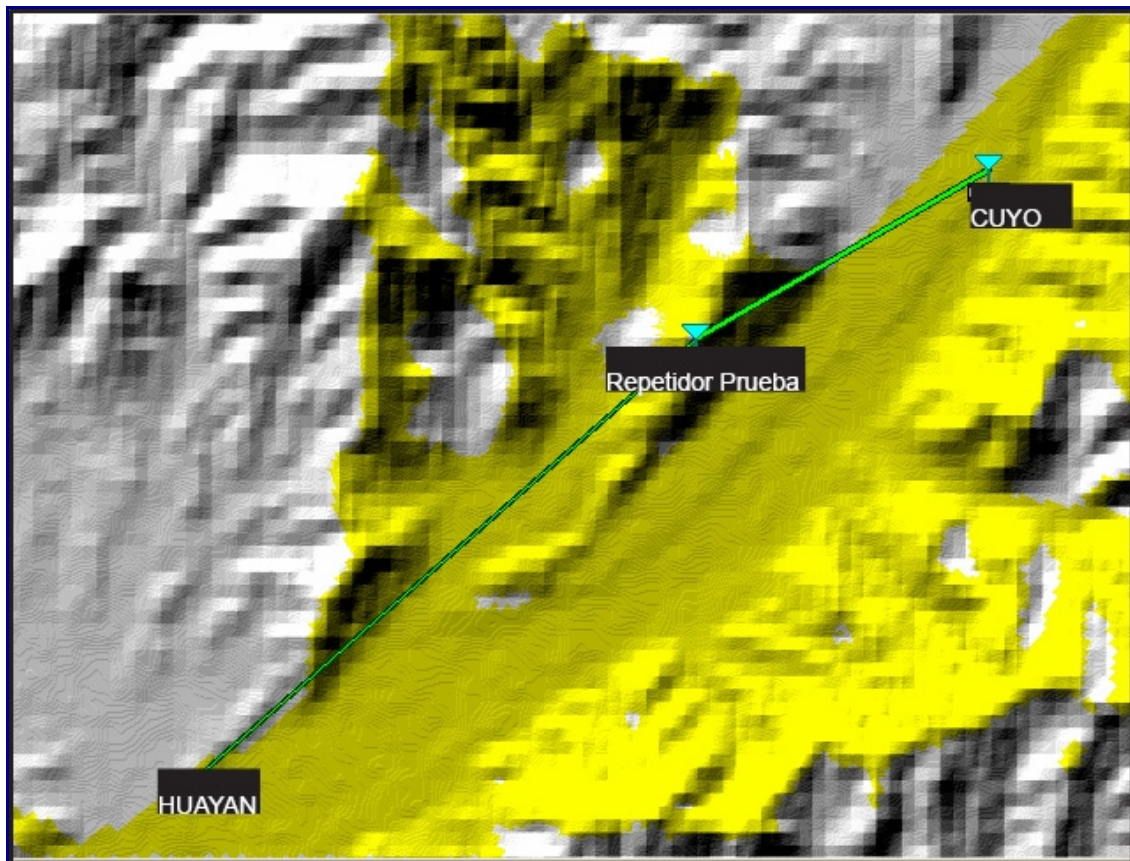


Figura 12: Imagen background de Rayos X con gráfica de área de cobertura polar simple

## 7. Conclusiones

Considere incluir una “simulación de radio en exteriores” en su estudio de viabilidad. Un software de simulación puede ser de gran ayuda para crear su primera red de diseño y planificar su primera visita a campo.



*Las cinco tareas que necesitas aprender para realizar una simulación de radio con “Radio Mobile” son:*



1. Ingresar su posición y seleccionar la fuente y tipo de mapas que quiere usar
2. Definir los “sistemas” que quiere implementar en su red.
3. Ubicar las unidades de radio en las posiciones objetivo y asociar un tipo de sistema y rol a cada uno de ellos.
4. Estudiar cada uno de los “presupuestos de radio enlace” simulados y variar sus configuraciones para optimizar su diseño.
5. Usar las herramientas de cobertura de radio para ver sus áreas de cobertura y potenciales fuentes de interferencia.

## 8. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <<http://creativecommons.org/>>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

**Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad:** Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución.** Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial.** No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco.** Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7<sup>th</sup> September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 abril 2007. Traducido por: Américo Sánchez C, CEPES.