# CAPÍTULO 4

# Radio Mobile

Como se vio en el capítulo 2, existen varios métodos para modelar la propagación de radio-frecuencias, donde las ondas electromagnéticas viajan a través del espacio transportando la información de los usuarios. Sin embargo, estas señales van decayendo en potencia conforme se van alejando de la antena, hasta el punto de que ya no existe. Otra de las razones por las que se puede perder potencia en la señal es porque existen varios elementos que causan interferencia y cambian las propiedades de éstas señales.

Para poder realizar todos los cálculos necesarios y obtener un modelo de propagación de RF bastante cercano a lo que podría ser la realidad, se necesitan programas especializados en esto, entre los más comunes se encuentran:

- Optimi Wizard
- dBPlanner
- Path Loss
- Radio Mobile

En éste capítulo se hablará del programa Radio Mobile, las simulaciones que se realizaron y los resultados obtenidos.

## 4.1 Radio Mobile

Como ya se mencionó anteriormente, Radio Mobile es un software gratuito que simula propagación de RF, diseñado por Roger Coudé. Este programa opera con un rango de

frecuencias de 20MHz hasta 20GHz, utilizando el modelo de propagación de RF ITM (Longley-Rice) (9). Utiliza también modelos geo-referenciados para los enlaces punto a punto.

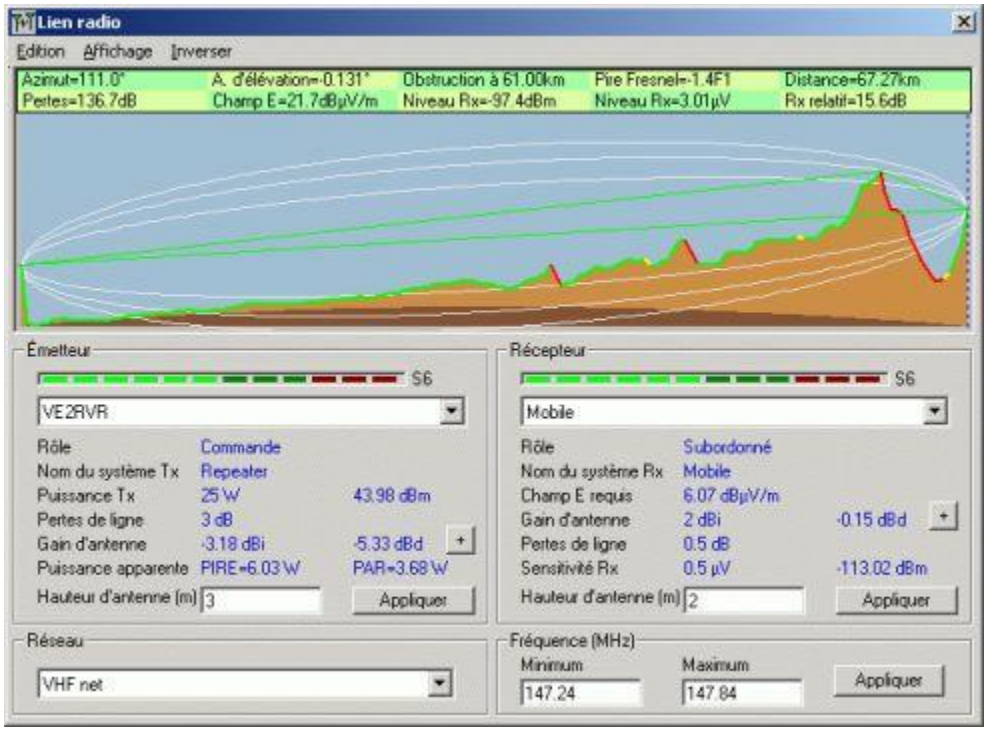


**Figura 4.1 Ejemplo de enlace punto a punto de Radio-Mobile (11)**

Este programa está más enfocado a los enlaces punto a punto; sin embargo, también tiene un simulador de cobertura que pueden dar las antenas para saber si ese enlace cae dentro del área de servicio. Este último punto es el que sirve para este proyecto, más adelante se explica cómo.

## 4.2 Simulaciones y resultados

En este punto se explicará cómo se utilizó el software Radio Mobile para realizar las simulaciones necesarias, los pasos que se siguieron, resultados y algunos problemas encontrados.

### 4.2.1 Introducción de parámetros.

En cada simulación se tiene una radio-base y un edificio para hacer un enlace punto a punto, esto se hizo debido a que si no se coloca por lo menos un enlace, el programa no realiza la simulación de la propagación de RF ni se puede colocar en el programa Google Earth la localización de la radio-base.

Los datos más importantes que se introdujeron al programa para realizar las simulaciones, en general fueron:

**Tabla 4.1 Datos principales introducidos a Radio Mobile.**

| Datos | Valores |
|---|---|
| Rango de frecuencia | 3300-3400MHz |
| Potencia del transmisor. | 36dBm ≈3.98 Watts |
| Tipo de transmisión | Broadcast |
| Altura de la antena transmisora | Rango de 25m. a 50m., dependiendo de la radio-base (Ver tabla 6) |
| Ganancia de la antena | Dependiendo de la radio base 13dBi o 14.8dBi |
| Umbral del receptor | -100dBm |
| Altura de la antena receptora | Rango de 10m. a 20m. |
| Pérdidas por líneas (cables, cavidades y conectores) | 1dB = 31dBm |

Estos datos se pueden apreciar mejor en las siguientes figuras:

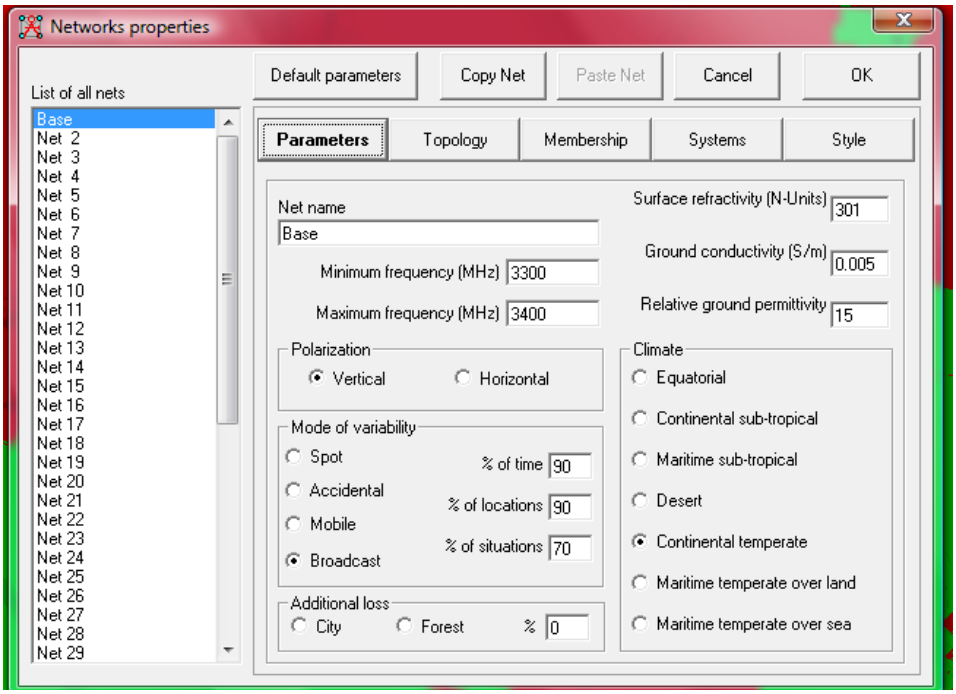


**Figura 4.2 Parámetros.**

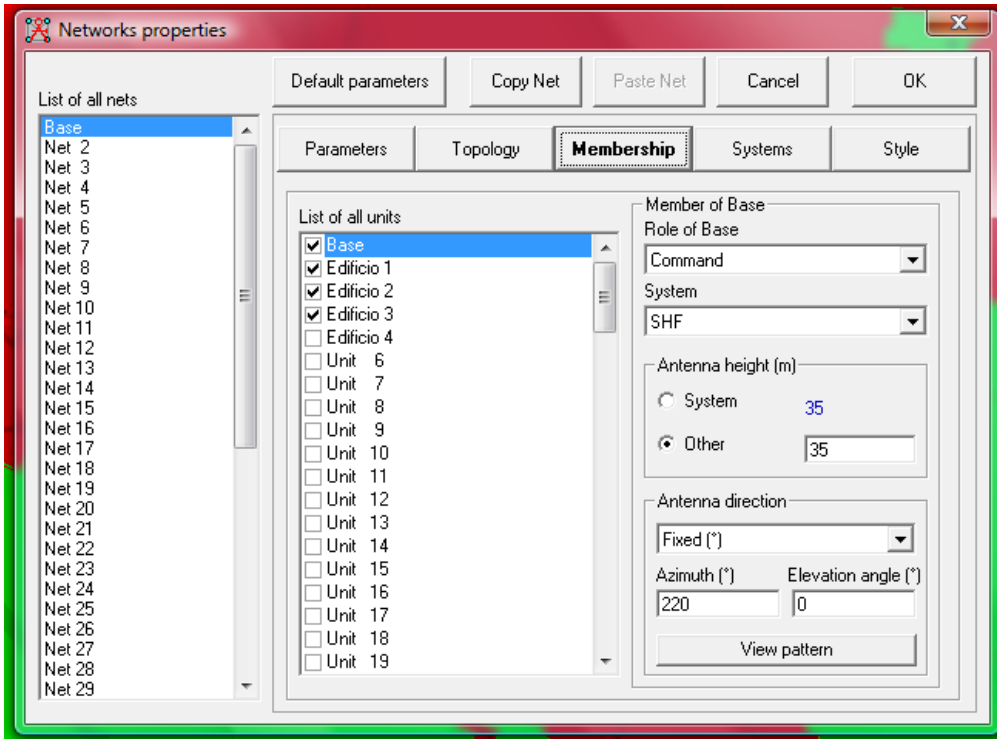


**Figura 4.3 Partes o miembros de la red.**

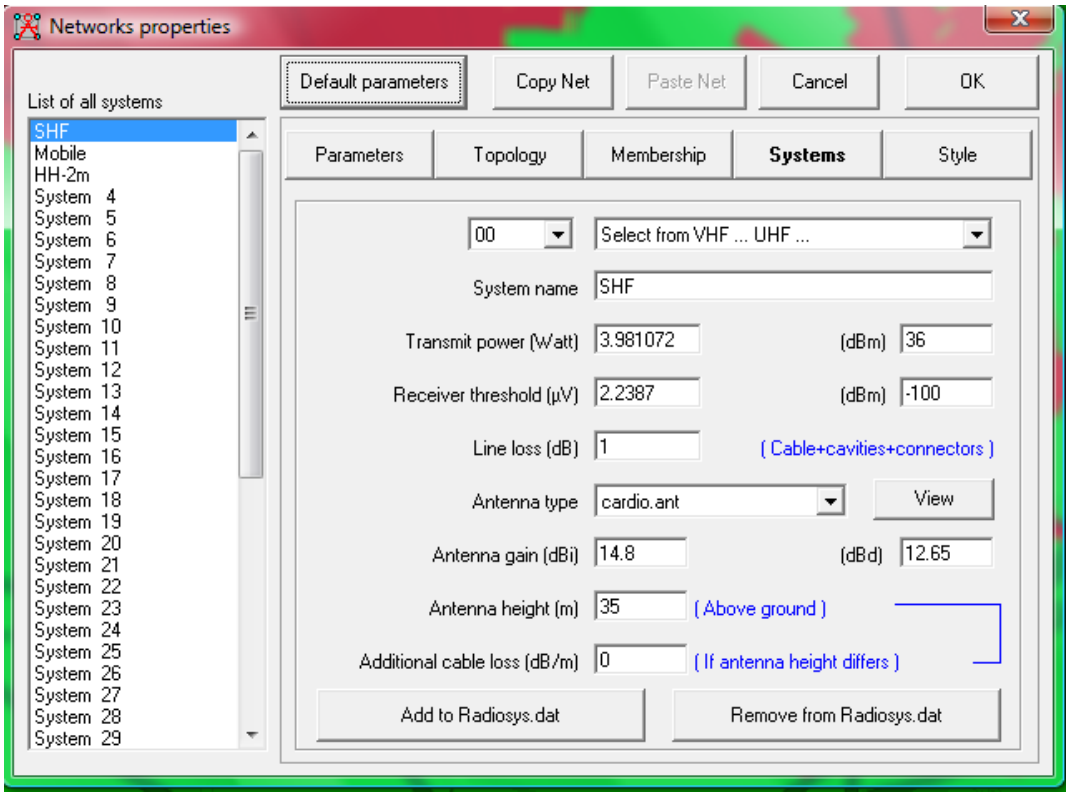


**Figura 4.4 Datos de los sistemas.**

Finalmente se procede a crear la simulación de la cobertura con la opción ***"Single polar Radio Coverage",*** es aquí donde se elige como será la representación gráfica de la cobertura así como elegir los colores para mostrar los distintos niveles de potencia mientras se alejan de la radio-base, en la figura 4.5 se muestran las opciones elegidas.

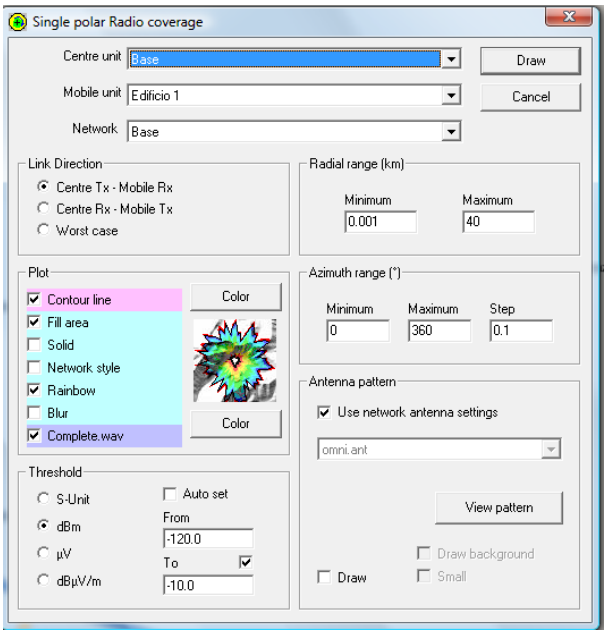


**Figura 4.5 Opciones para la cobertura polar.**

Se realizaron diferentes pruebas a cada uno de los sitios donde se encuentran las radio-bases utilizando las diferentes opciones proporcionadas por el programa, en cada mapa se aprecian diferentes colores que indican el nivel de la señal, la figura 4.6 nos indica los colores utilizados para mostrar la cobertura en forma de arcoíris, es decir a cada distinto nivel de potencia se le asigna un color distinto.

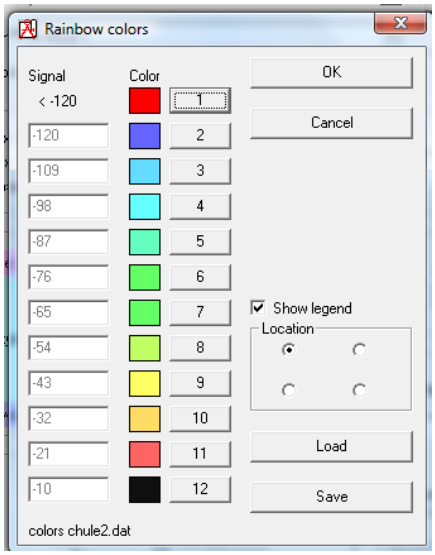


**Figura 4.6 Rango de potencias utilizados.**

Debido a que las estaciones suscriptoras de RedMAX tienen un nivel de recepción alrededor de los -100dBm se eligió un rango de -10dBm a -120dBm para las simulaciones, donde cualquier lugar en rojo significa que la potencia cayo debajo de esta potencia y no va a existir cobertura o la potencia necesaria en esa zona en especifico. En los mismos resultados hay otra tabla en la que se aprecian los colores y el nivel de potencia que representan como se puede apreciar en la figura 4.7.

**Figura 4.7 Rango de potencias mostrado en el resultado final.**

Para cada simulación se realizaron al menos dos pruebas distintas para ver si los resultados variaban, se utilizará como ejemplo las pruebas realizadas para la radio-base de San Martín, donde se realizaron pruebas distintas con diferentes formas de mostrar la atenuación de la señal, se utilizó una antena sectorizada tipo Cardio con un Azimuth de 220°, una calidad de 3000x3000 pixeles y con un ancho y un largo de 45.00km, recordando que el rango de cobertura de WiMAX es de aproximadamente 40km, todo esto con el fin de obtener la cobertura estimada.

En la figura 4.8 se aprecia que la cobertura se muestra con dos colores, verde y rojo, esto es debido a que el programa nos permite la opción de mostrar los resultados de manera sencilla, donde el color verde nos indica el lugar donde hay cobertura y el color rojo donde no.

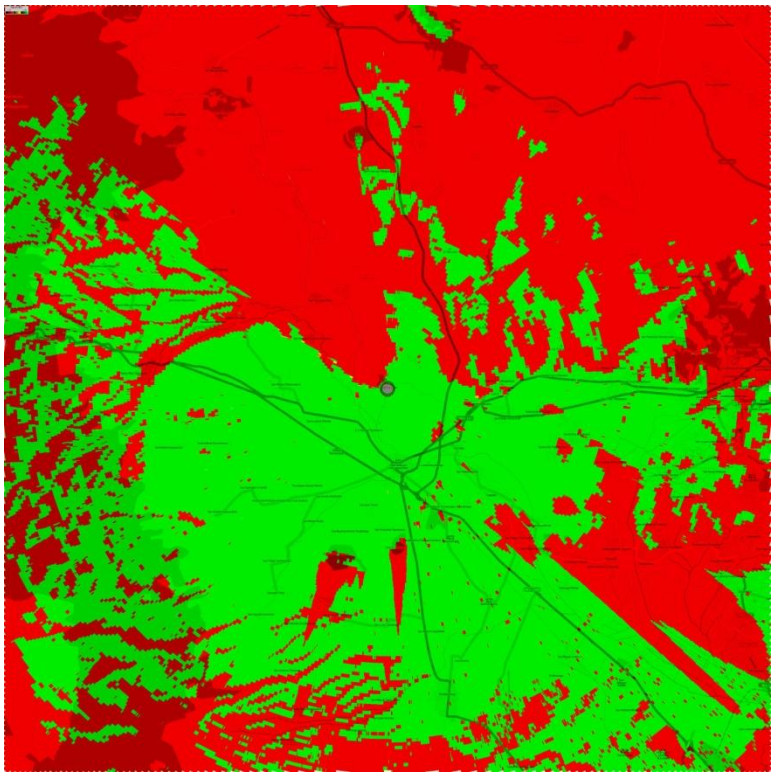

**Figura 4.8 Prueba 1 de la cobertura de WiMAX para San Martín.**

Sin embargo estos resultados, aunque sirven, no nos indica el nivel de potencia que se requiere para poder decir de una manera precisa en que zonas todavía habrá una buena potencia en la señal, por esto los mejores resultados se obtuvieron utilizando una cobertura estilo ***"arcoíris",*** como lo llama el software, o mapa de colores como ya se mencionó anteriormente, cada color muestra una potencia distinta.

Es por eso que los mejores resultados en las pruebas de San Martín Texmelucan se obtuvieron en la segunda prueba, mostrando los resultados obtenidos en la figura 4.9.

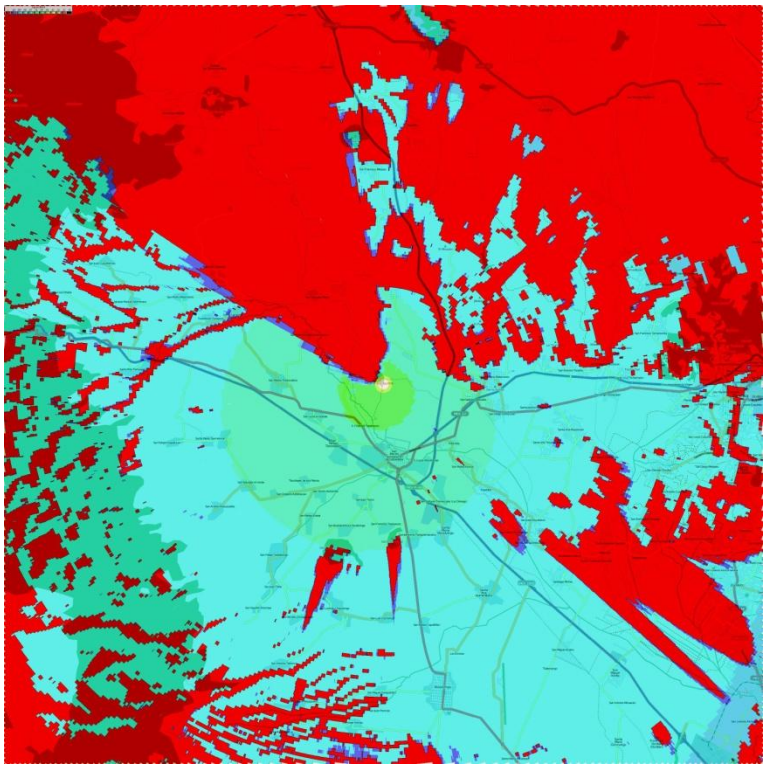

**Figura 4.9 Prueba 2 de la cobertura de WiMAX para San Martín.**

Observando estos resultados, se puede decir que en esta zona va a haber buena cobertura con los parámetros utilizados, ya que la mayor zona en rojo, es decir la parte superior de las figuras 4.8 y 4.9, pertenece al estado de Tlaxcala y por obligación SICOM no puede tener cobertura de WiMAX en esa área, por lo tanto SICOM decidió utilizar una antena sectorizada.

### 4.2.2 Resultados con Radio Mobile y Google Earth

Una vez que se aprendió a utilizar correctamente el programa, se procedió a realizar las simulación de cada una de las radio-bases, se introdujeron los datos que se mostraron en las tablas 3.2 y la tabla 4.1. Los resultados obtenidos en el programa para cada zona se muestran en el apéndice D.

Para entender mejor los resultados obtenidos se realizó una comparación entre dos zonas distintas, donde una tendrá buena cobertura como es la zona de SICOM

Puebla y la otra será la de Estación Lagunillas donde la cobertura es muy mala, para esto se utilizó la tabla 4.2 que muestra los valores comunes para el margen de desvanecimiento **(fade margin).** (11)

**Tabla 4.2 Valores comunes para cobertura.**

| Margen sobre el nivel mínimo de Rx (dB) | Probabilidad de cobertura en el margen de la célula (%) | Probabilidad de cobertura sobre la célula entera (%) |
|---|---|---|
| 0 | 50 | 77 |
| 5 | 75 | 90 |
| 7 | 84 | 96 |
| 9 | 90 | 97 |
| 12 | 95 | 99 |

Sin embargo estos valores no son fijos ya que pueden variar dependiendo de factores tales como la distancia, frecuencia y orografía. Esta tabla es la que se utiliza para modelar la cobertura en Radio Mobile de acuerdo con (11), además de otros factores.

Lamentablemente durante la investigación no se encontró ninguna fórmula o alguna manera de poder realizar los cálculos del modelo ITM sin la necesidad de un software especializado, por lo que los resultados obtenidos no se pudieron interpretar de una manera matemática.

En las figuras 4.10 y 4.11 se muestra la cobertura para SICOM Puebla, para los 40km así como para los 3 primeros kilómetros a la redonda, de esta manera se podrá apreciar mejor la caída de la potencia para esta célula en particular, y aprovechando la compatibilidad con Google Earth que nos ofrece el programa se muestra en la figura 4.12 la cobertura desde el punto de vista de la BS.

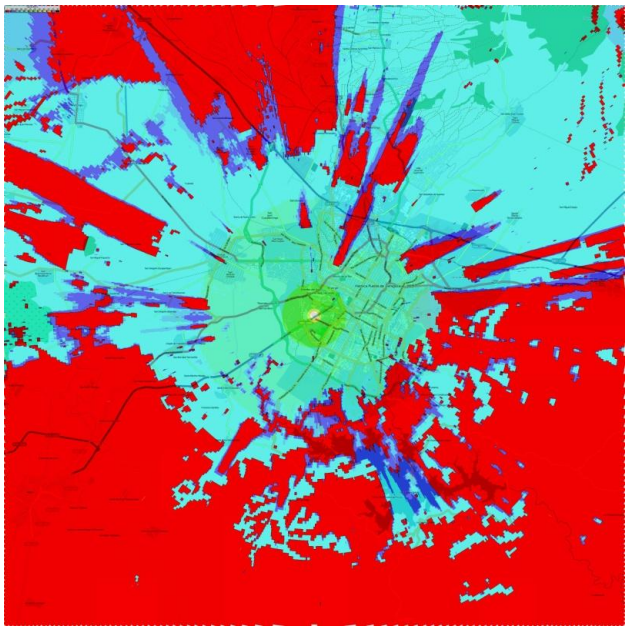

**Figura 4.10 Cobertura para el área de SICOM Puebla**

**Figura 4.11 Cobertura a 3km de la Radio-base de SICOM Puebla.**

Como se puede apreciar en la figura 4.11, a los 3km de la radio-base (BS) todavía hay suficiente potencia, ya que se encuentra entre los -30dBm y los -60dBm, lo cual se considera un buen nivel de potencia de transmisión, sin embargo hay zonas en las que se ve que a pesar de estar cerca de la BS, la señal cae bastante. Esto se puede

deber a la refractividad del suelo[1] o a caídas de terreno donde la señal se puede perder.

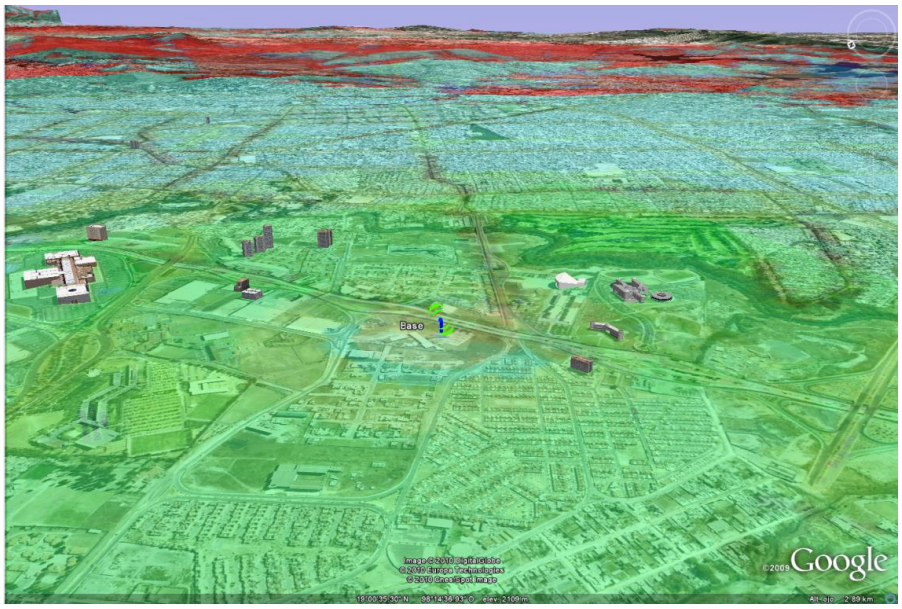


**Figura 4.12 Cobertura con orografía real en Google Earth para SICOM Puebla.**

En la figura 4.12 se aprecia la cobertura de la zona de SICOM Puebla utilizando Google Earth, en la cual se pueden observar las elevaciones del terreno como cerros, la urbanización de la zona, es decir la ciudad de Puebla, y las zonas de cobertura.

Se puede decir que en esta zona habrá una buena cobertura en el caso de toda la ciudad y la zona conurbada al norte, pero se puede apreciar que en la zona sur (ver figura 4.10) la cobertura va a ser casi inexistente, esto debido a los cerros que se encuentran en esa zona como se aprecia en la figura 4.13, ya que estos obstruyen en gran medida la señal.

[1] Ver capítulo 2.3.1

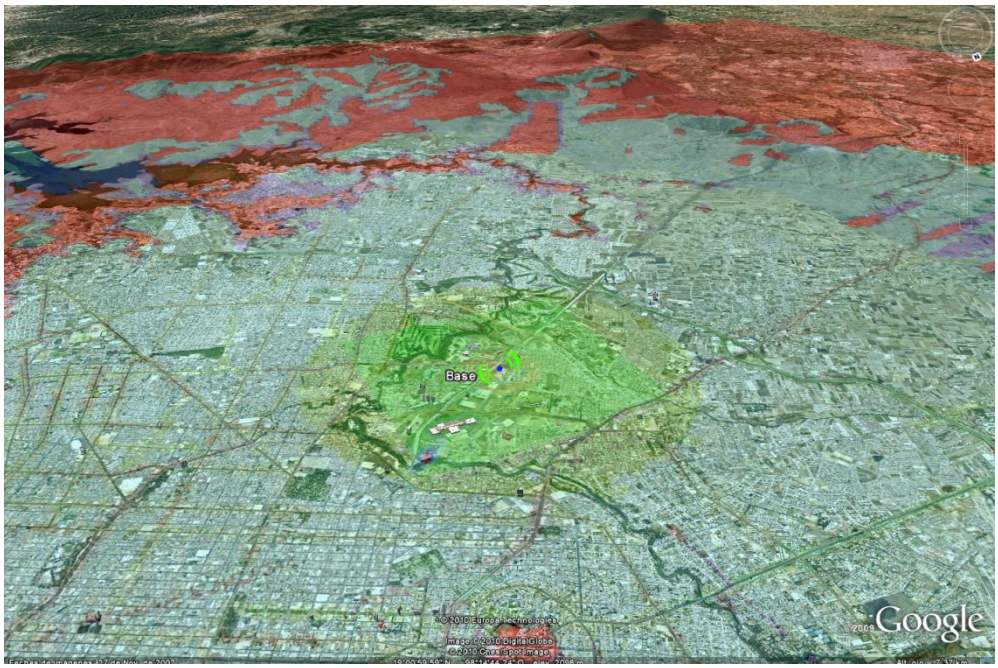


**Figura 4.13 Vista aerea de la cobertura de SICOM Puebla.**

Sin embargo la zona de la Estación Lagunillas es un lugar rodeado de muchos cerros (ver figura 4.15), los cuales afectan en gran medida a la señal ya que al existir tantas desnivelaciones de terreno, la señal rebota en varios puntos lo que puede ocasionar que el terreno absorba la mayoría de la señal y no permite que haya una buena cobertura, como se puede apreciar en las figuras 4.14, donde se muestran los resultados obtenidos en Radio Mobile.

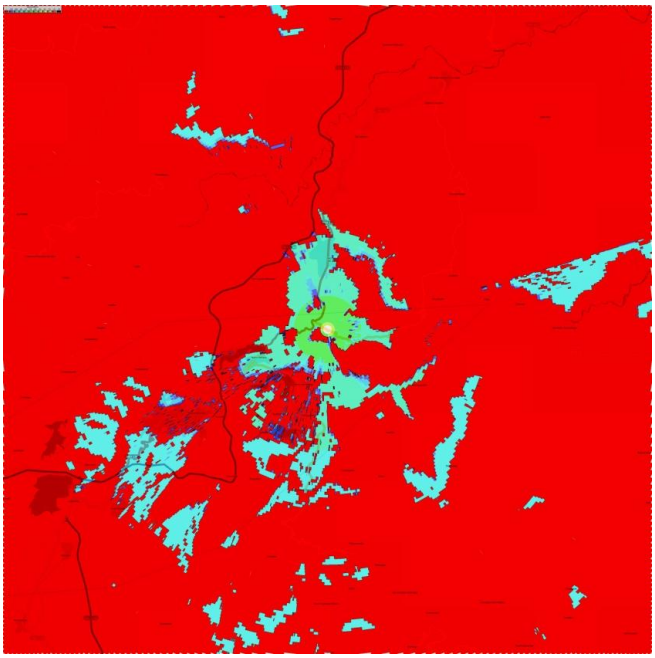

**Figura 4.14 Cobertura para la zona de Estación Lagunillas.**

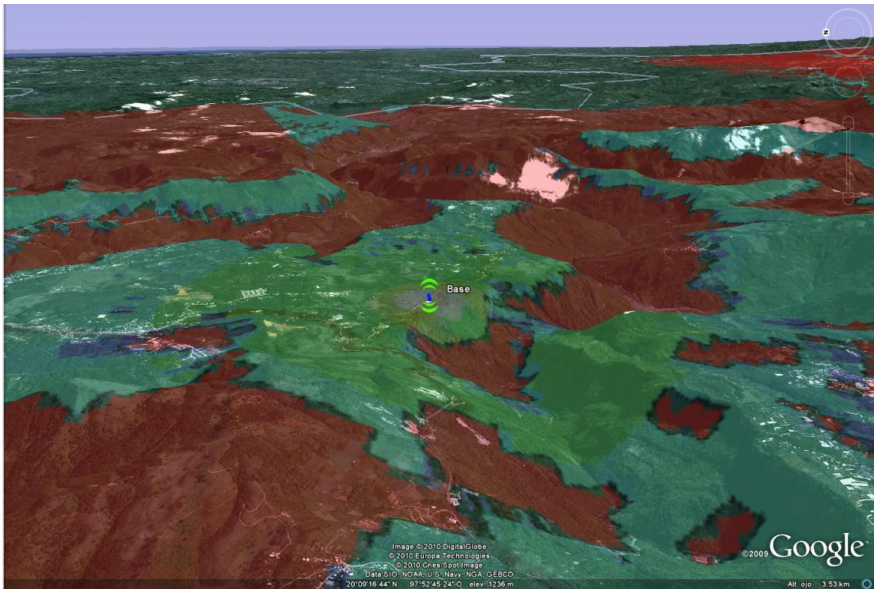


**Figura 4.15 Radio-base y orografía de Estación Lagunillas**

En la figura 4.15 se puede apreciar la cantidad de variaciones en la tierra, como cerros y acantilados; y como ya se mencionó, puede afectar a la señal de manera que no llegue a algún punto deseado o se tenga algún otro efecto común en las señales, como refracción, difracción, reflexión o dispersión; los cuales hacen que la señal

contenga muchos errores y caiga la potencia lo cual da como resultado una muy mala cobertura para esta zona.

Finalmente, después de haber realizado cada una de estas simulaciones, se procedió a enviar todas las imágenes al programa Google Earth para tener una mejor visualización de los resultados.

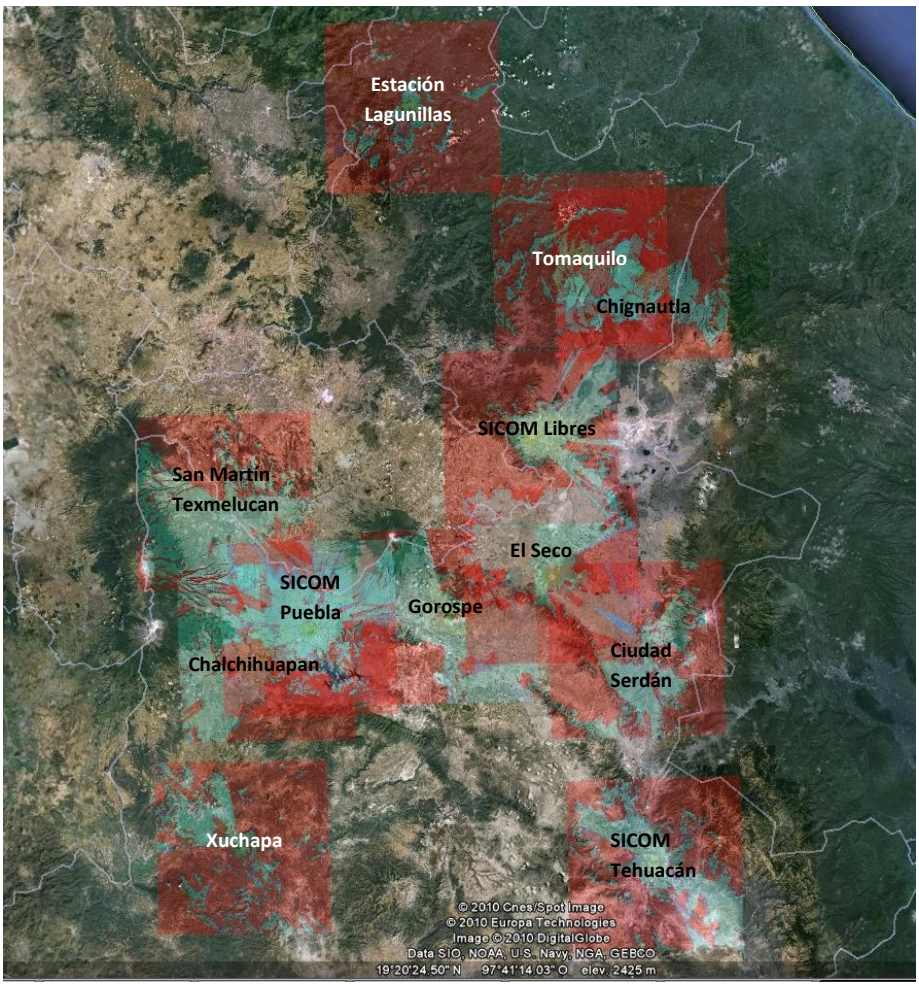


**Figura 4.16 Simulaciones en Google Earth.**

En la figura 4.16 se puede apreciar cómo quedará la cobertura de WiMAX para el estado completo una vez que se unen todas las imágenes de los resultados

obtenidos. Observando la figura y los resultados[2] de Radio Mobile se puede concluir en cuales zonas existirá una cobertura de regular a buena y en cual existirá una mala cobertura:

- **Cobertura buena o regular:**
    - Chalchihuapan
    - Ciudad Serdán
    - El Seco
    - Gorospe
    - San Martín Texmelucan
    - SICOM Puebla
    - SICOM Tehuacán
- **Mala cobertura**
    - Chignautla
    - Estación Lagunillas
    - SICOM Libres
    - Tomaquilo
    - Xuchapa

En la figura 4.16 también se puede apreciar que hay varias zonas donde la cobertura de una radio-base (BS) se empalma con la de otra, y en el caso de que en un futuro se deseara instalar WiMAX móvil se podría crear la necesidad de implementar el manejo de hand-over.

Esto consiste en que una estación suscriptora (SS) al encontrarse en una zona donde reciba aproximadamente la misma potencia de dos radio-bases no va a saber a cual enviar su información y va a estar gastando recursos de ambas BS, por lo que se deberá considerar este problema cuando se instalen las SS en esas zonas en particular.

[2] Ver Apéndice D

Estos empalmes se pueden apreciar de una mejor manera en la figura 4.19 donde se muestra únicamente la cobertura de la zona de Chalchihuapan y la de SICOM Puebla y como se empalman, mientras que en las figuras 4.17 y 4.18 se muestran las coberturas para cada una de estas zonas por separado para observar de una mejor manera la zona de cobertura que abarcan. Para poder apreciar mejor los resultados, se tiene que utilizar las imágenes de Google Earth.

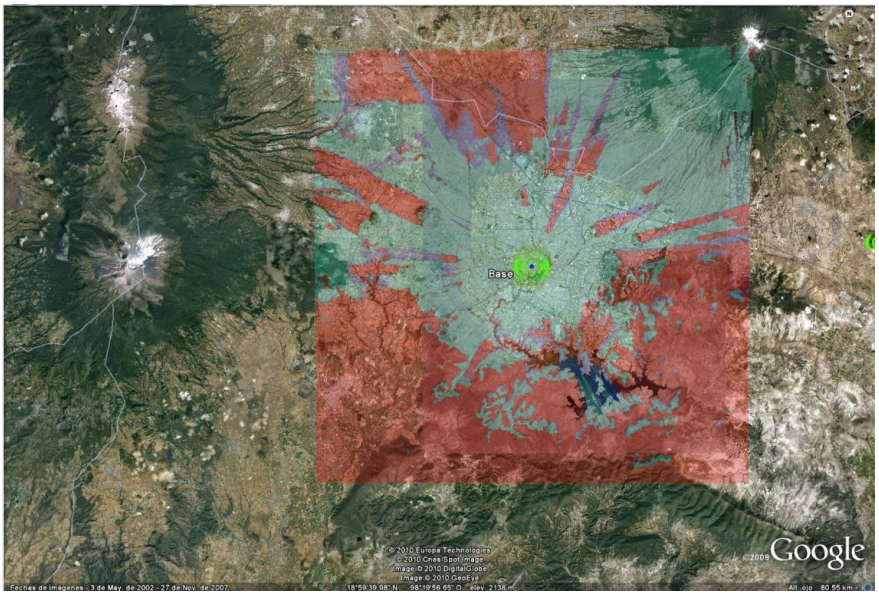


**Figura 4.17 Cobertura de la zona de Puebla.**

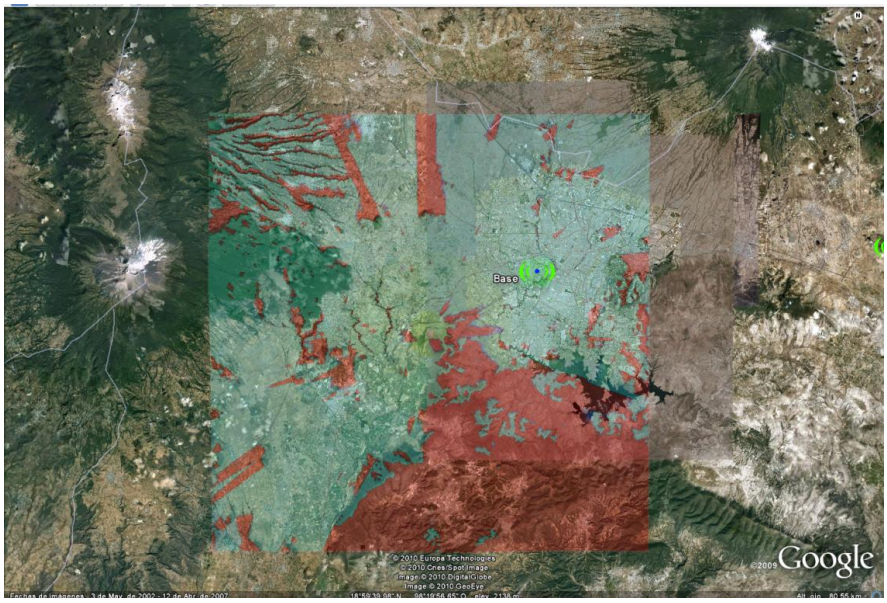


**Figura 4.18 Cobertura de la zona de Chalchihuapan.**

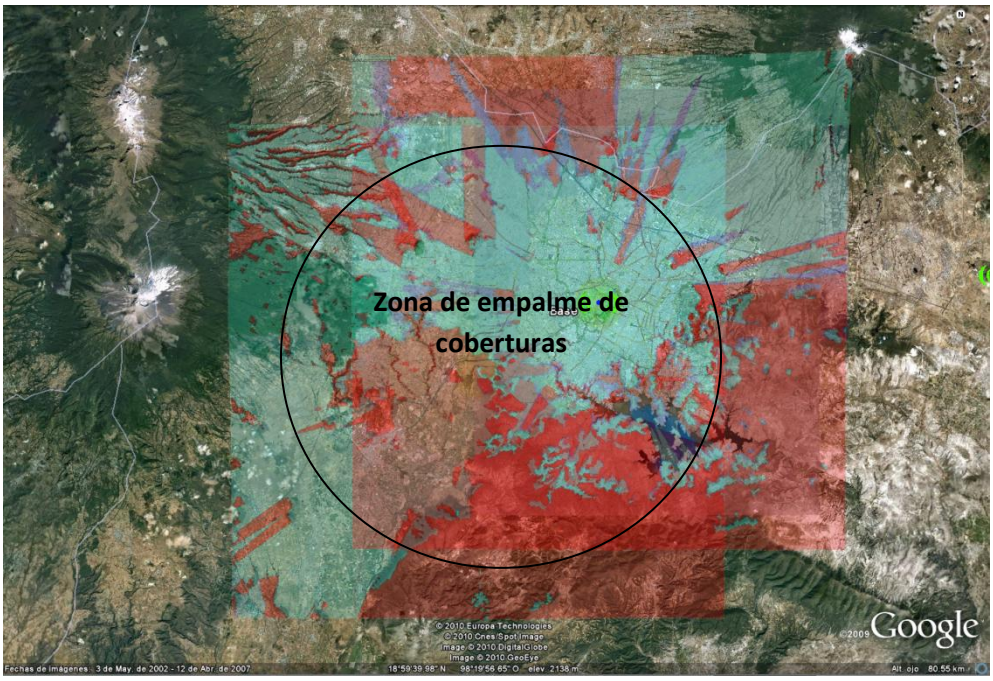


**Figura 4.19 Empalme de la cobertura de SICOM Puebla y Chalchihuapan.**

Una manera de que se puede combatir este problema es hacer que las BS elijan si pueden aceptar la información de la SS dependiendo del tráfico que tengan o de la cantidad de canales disponibles, también se podría hacer que la SS sea fija para solo una radio-base.

Sin embargo un punto positivo de este empalme y que se puede utilizar como una solución, es que hay zonas que una radio-base no puede cubrir, mientras que otra si puede, por lo que si hay algún edificio del gobierno en ese punto puede enviar su información a la radio-base que si le proporciona la cobertura.