

## **DISEÑO DE COBERTURA CELULAR EN CARRETERA USANDO LA HERRAMIENTA RADIO MÓVIL.**

**Manuel Jorge Fitz Aguilera**

ETECSA, José Antonio Cardet. No. 125 F1A, e/ Cuba y Prado. Holguín. CP 80100  
e-mail: manuel.fitz@etecsa.cu

### **RESUMEN**

Se analiza el diseño de una red de acceso celular con el estándar GSM. Se obtienen los valores óptimos del azimut e inclinación de las antenas de la Estación Base. Se trabajó con herramientas libres de software, lo cual lo hace muy generalizable, estas herramientas tienen reconocida confiabilidad y en este propio caso se demuestra su efectividad. Se expone la teoría de selección de ubicación optimizada de radio bases móviles, y su planificación práctica mediante software. Se muestran imágenes de todo el trabajo de diseño. Se hace un uso extensivo de las herramientas Radio Móvil y Google Earth. Se propone la ubicación de la radio base y se realiza un mapa de simulación de cobertura para un tramo de carretera sin servicio celular. Se ejecutan repetidas simulaciones y se propone el caso más óptimo. Se analiza la efectividad de la Estación Base propuesta para dar servicio en la porción de ruta en estudio con bajo nivel de servicio. Se encuentran los parámetros fundamentales para la implementación eficiente de la red de acceso celular para dar servicio en carreteras.

**PALABRAS CLAVE:** ruta, cobertura, móvil, simulación.

### **ABSTRACT**

A cellular access network to the GSM standard is analyzed. The optimal values of the azimuth and inclination of the base station antennas are obtained. Free software tools were used, which makes this study very generalizable, these tools have recognized reliability and in this case its effectiveness were demonstrated. The optimized location selection theory for mobile base stations and its implementation through software is exposed. Images of all design work were presented. An extensive use of the Radio Mobile and Google Earth tools is made. The location of the radio base map is proposed and simulation coverage for a stretch of road with no cellular service is performed. Repeated simulations were run and the best case is proposed. The effectiveness of proposed base station to serve the portion of route in study with low level of service is analyzed. The fundamental parameters for efficient implementation of access cellular network to provide service in roads were founded.

**KEYWORDS:** route, coverage, mobile, simulation.

## INTRODUCCIÓN

Las redes móviles han revolucionado la última milla de las redes de telecomunicaciones, han masificado el servicio telefónico, y dado a las personas la posibilidad de comunicarse en movimiento. En la actualidad se está desarrollando la red móvil en Cuba. Se están lanzando nuevos servicios que demandan una mayor densidad de estaciones base para brindar una buena calidad de señal en cuanto a cobertura y velocidad de transmisión de datos, los cuales se van imponiendo poco a poco al servicio tradicional de voz. En estas circunstancias se hace necesario el montaje de nuevas estaciones bases en la ciudad de Holguín. Se tiene además que hay dificultades de cobertura en la carretera central, en la ciudad de Holguín, a pesar de que existen radio bases relativamente cercanas, pero que dejan huecos de cobertura debido a las particularidades del terreno. En este sentido se comenzó a estudiar la ubicación más adecuada de una radio base para solucionar estas dificultades. La porción de carretera estudiada es la vía de acceso de la provincia, y presenta mucho tráfico vehicular, y las afectaciones que esto provoca al tráfico móvil celular son grandes por esta razón.

Es importante hacer un estudio detallado de la red para lograr proponer la ubicación de una nueva estación base. Hacer un análisis profundo permite optimizar la cantidad de equipos necesarios para dar servicio en un área determinada, y evitar problemas de interferencia posteriores. Cada emplazamiento supone una inversión elevada, y costos posteriores para su mantenimiento, por tanto hay que tener en cuenta muchos factores para su selección, tales como facilidad de acceso, y de protección contra intrusos. Además cada estación debe estar integrada al sistema de forma armónica, siguiendo políticas generales, tales como altura de las antenas, para evitar que un sitio sobreponga demasiado sus señales sobre otro, creando ineficiencias en el uso de las frecuencias de radio, que es el recurso más escaso de una red de radiocomunicaciones. Para la realización del trabajo se hizo uso de los freewares Radio Mobile y Google Earth, los cuales han sido probados en todo el mundo para este tipo de estudios con magníficos resultados. Fue necesaria la colaboración de personas conocedoras del terreno para la selección precisa del emplazamiento. Y un uso extenso de Internet. Se toma como base la virtualización del escenario de la futura red y se hace un pronóstico de su desempeño mediante el uso de modelaje matemático complejo de propagación de señales de radio, y datos de topografía digital. Se hacen numerosas evaluaciones hasta llegar a la que se considera como óptima. Siempre tratando de seguir lo más fielmente posible al entorno real de la red en planificación.

### Selección de la ubicación de la Estación Base

El propósito de la planificación de la cobertura de señal de telefonía celular, es lograr la optimización de la red, es decir, lograr una calidad de servicio máxima con una inversión mínima de recursos. La cobertura de señal de radio está definida por los niveles de potencia de señal en una zona geográfica determinada. En este caso se considera un nivel mínimo aceptable de  $-70$  dBm que se corresponde con una alta calidad para una conversación telefónica.

La calidad de la futura red móvil depende en alto grado de una buena planificación previa. Luego de la puesta en marcha, se pueden realizar mediciones que confirmen que la red ya operativa se comporte tal y como fue planificada. [1]

El objetivo clave de la planificación de la cobertura es encontrar la ubicación óptima de las Estaciones Base, en lugares ventajosos del terreno tanto desde el punto de vista de la propagación de las señales de radio, como por su fácil acceso y demás comodidades para su instalación y mantenimiento.

El caso de solucionar huecos de cobertura es bastante complejo, debido a que deben optimizarse los gastos, y la Radio Base propuesta debe servir no solamente para solucionar dichos huecos, sino que debe aportar otras ventajas adicionales a la red, tales como mayor capacidad y cobertura en áreas ya cubiertas por otras Estaciones Base. La cobertura en carreteras tiene peculiaridades, pues es limitada a una línea estrecha, donde las áreas inmediatamente aledañas son generalmente despobladas, y por tanto de poco interés desde el punto de vista del tráfico que pudieran generar luego de ser puestas en funcionamiento, por tanto lo ideal es iluminar exclusivamente la línea de carretera, esto requiere un análisis específico para este caso, que es el tema que aborda este trabajo.

La cobertura no es posible lograrla con una señal totalmente estable, debido a los diferentes fenómenos de propagación de las señales. El efecto de los desvanecimientos en las señales causa una inestabilidad en el nivel de la señal recibida, esto está provocado por la presencia de obstáculos naturales como elevaciones y depresiones del terreno. Por tanto, se trabaja para garantizar una probabilidad de cobertura inferior al 100 %, pues lograr este valor obligaría a efectuar un derroche de recursos técnicos, en su lugar se considera una buena calidad de servicio lograr una probabilidad de 90 – 95 % en toda el área de servicio de la Estación Base. Estos desvanecimientos provocan una fluctuación de la señal recibida en los terminales móviles de 5 – 10 dB. Es decir, considerando en el cálculo un desvanecimiento de 5 dB, se corresponde con una probabilidad de cobertura del 90 %. [1]

Para efectuar el trabajo mediante la ayuda de la computadora es necesario contar con mapas digitales topográficos con información de las diferentes elevaciones del terreno, pues la propagación de las señales de radio de la telefonía celular se ve muy afectada por ellos. Además se utiliza un modelo matemático que sea capaz de simular el comportamiento de las señales inalámbricas. Con estas herramientas es posible efectuar un pronóstico del alcance de la cobertura antes de realizar los montajes de los equipos, de esta manera puede definirse de antemano la mejor manera de aprovecharlos y evitar problemas que pudieran surgir más adelante, tales como zonas sin cobertura. [1]

Las radio bases deben diseñarse para dominar las áreas donde se espera el mayor tráfico. [2] En este trabajo se aborda el enfrentamiento a un hueco de cobertura actual, muy transitado, que causa numerosas llamadas caídas y no accesos a la Red Móvil desde esta zona. En este trabajo se analiza el desempeño de una hipotética Estación Base emplazada en una de las elevaciones aledañas a la ciudad de Holguín. Este punto domina ventajosamente toda el área poblada de la ciudad, en la actualidad en este lugar están implementados otros sistemas de radio comunicaciones. En lo posible, la radio base debe quedar cerca físicamente del área a la cual va a servir, lo cual se cumple en esta caso, la distancia máxima es de 6.5 Km. En caso de que una ubicación óptima para la radio base no pueda ser encontrada, se haría necesario la implementación de varias radio bases, para dar cobertura en el área deseada. Este tipo de situaciones ocurren bastante a menudo, provocando que el total de radio bases aumente, así como el costo de la inversión, en comparación al plan concebido inicialmente.

# DISEÑO DE COBERTURA CELULAR EN CARRETERA USANDO LA HERRAMIENTA RADIO MÓVIL

---

## Descripción de las herramientas utilizadas

### Radio Móvil

[3] Radio Móvil es un software de simulación de propagación de ondas de radio, que es válido para el intervalo de frecuencias de 20 MHz – 20 GHz, está basado en el modelo de propagación ITS (Longley - Rice). Permite la carga de mapas topográficos digitales, unidades de radio, y redes de radiocomunicaciones. Permite virtualizar el entorno real de una red de radio circuitos. Permite la confección de mapas de cobertura, y la simulación de radio enlaces. Contiene la herramienta “Mejor Sitio” que permite ubicar los mejores sitios para la ubicación de estaciones bases en redes de comunicaciones móviles. Mediante este programa se puede evaluar de manera aproximada la futura red en diversos escenarios, antes de implementarlos en el terreno. Esta herramienta fue creada por el canadiense Roger Coude, y es gratis, diseñada para ser usada por la comunidad de radioaficionados. Este programa permite ser vinculado al software Google Earth, lo cual es una ventaja significativa, por la precisión de la información geográfica de este último.

[4] Radio Móvil usa datos topográficos obtenidos en la misión topográfica espacial Shuttle Radar, la cual da acceso a mapas de alta resolución (90 m), teniendo en cuenta que está cubierta la mayor parte del globo terrestre en ella. Esto se suma al modelaje matemático complejo que está insertado en el programa, que lo hace capaz de hacer pronósticos muy precisos del desempeño de una red de radio real.

La herramienta Radio Mobile, es de acceso libre en Internet, se encuentra disponible en <http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

### Google Tierra

[5] Google Tierra es un programa informático que contiene un globo terráqueo virtual, implementado mediante información geográfica, mapas, fotos satelitales, todo superpuesto en capas. Es actualmente la aplicación geográfica más utilizada en el mundo. Soporta la misma base de datos de altitud SRTM que utiliza el Radio Mobile, por eso son totalmente compatibles entre sí. Su trabajo se basa en mapas 3D, es posible encontrar en él, modelos tridimensionales de edificios. Contiene imágenes de alta resolución del terreno, ciudades, etc. Es posible visualizar lagos, mares y calles. Todo esto permite hacer un análisis de la propagación de la señal de radio vinculado a los accidentes del terreno de forma muy realista. Su resolución es de 15 m por píxel, lo cual es lo suficiente preciso para un análisis detallado de cobertura móvil. En el futuro está previsto que esta resolución mejore aún más, alcanzando los 2,5 m por píxel.

### Parámetros de la simulación

En la figura 1 puede observarse la configuración de las especificaciones técnicas de la Estación Base para dar servicio a la zona en estudio del presente trabajo, esto fue realizado mediante el uso del software Radio Móvil.

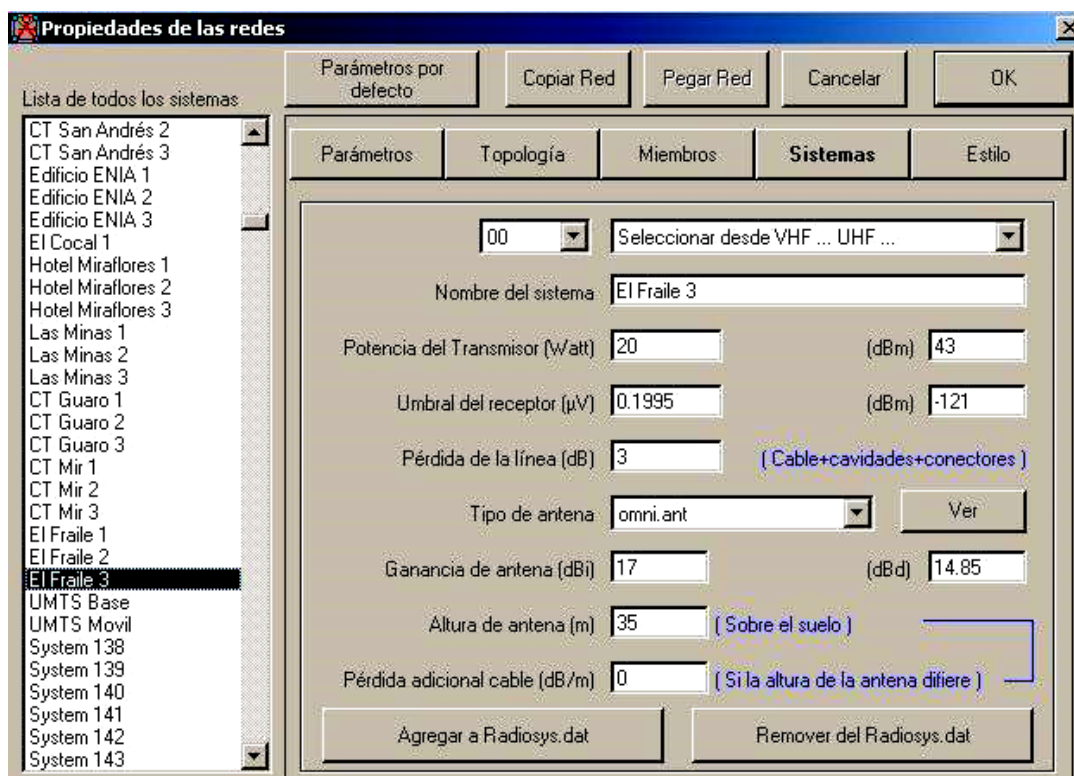


Figura. 1: Configuración del sistema de radio de la Estación Base. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Radio Móvil

El caso del terminal móvil es genérico, se utilizan los parámetros comunes para el estándar GSM. Las especificaciones del enlace se dan en la Tabla 1.

Tabla I: Parámetros de Transmisión / Recepción

Parámetro	Valor
Banda de frecuencias	800 – 950 Mhz
Tipo de polarización de las ondas de radio	Vertical
Modo de variabilidad	Móvil
Clima	Marítimo subtropical
Topología de red	Estrella
Potencia de transmisión de la estación Base	20 W

## DISEÑO DE COBERTURA CELULAR EN CARRETERA USANDO LA HERRAMIENTA RADIO MÓVIL

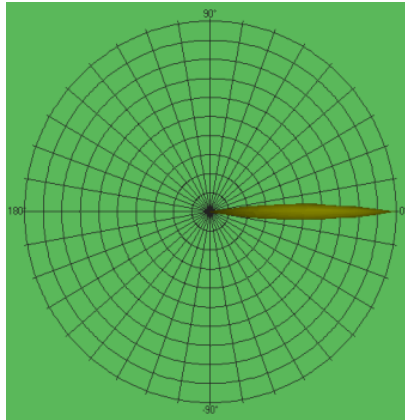
Sensibilidad de la Estación Base	- 105 dBm
Ganancia por transmisión múltiple en el enlace de subida	1,5 dB
Ganancia de diversidad en recepción de la Estación Base	3 dB
Sensibilidad resultante de la Estación Base	- 109,5 dBm
Pérdidas en las líneas de transmisión de la Estación Base	4 dB
Ganancia de las antenas de la Estación Base	18 dBi
Tipo de antena de la Estación Base	Xpol
Altura de las antenas de la Estación Base.	25 m
Potencia de Transmisión del Equipo de Usuario	21 dBm
Sensibilidad del Equipo de Usuario	- 114 dBm
Ganancia de antena del Equipo de Usuario	0 dBi
Tipo de antena del Equipo de Usuario	omnidireccional
Altura de la antena del Equipo de Usuario	1,5 m

La antena seleccionada para la simulación es la de polarización cruzada denominada Xpol con una ganancia típica de 18 dBi del fabricante alemán Kathrein, la cual es de uso típico en las redes de acceso celular. Estas antenas se caracterizan por tener un patrón de radiación en el plano vertical con un ángulo de apertura muy estrecho pues se considera que la variación de la altura de la posición de los usuarios varía poco en un sistema de comunicaciones móviles terrestres, también permite un mayor control sobre el alcance de la cobertura de radio mediante el ajuste del ángulo de elevación de la antena.

En esta investigación se usa un ángulo de apertura de 7 grados, el cual se tomó de las especificaciones del fabricante.

El patrón de radiación de esta antena no está definido en el software Radio Mobile, por lo tanto fue necesario introducirlo, esto se realiza mediante una herramienta de Excel disponible desde el sitio del programa Radio Mobile, se toma como referencia el patrón de la antena que proporciona Kathrein en

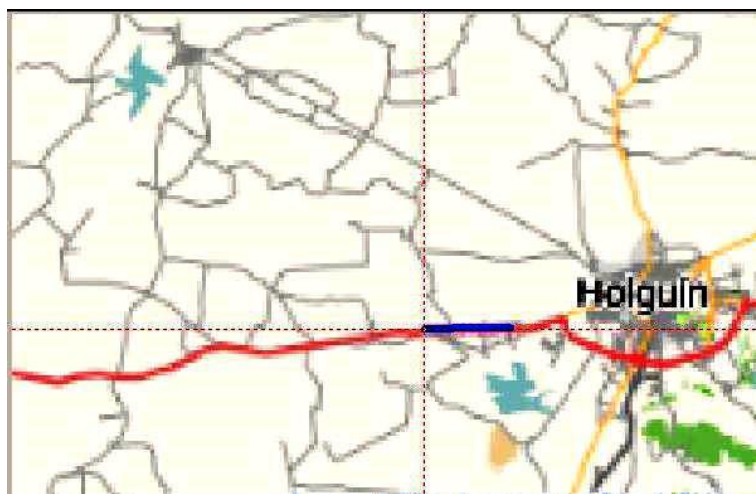
las especificaciones. La definición de la antena Xpol para el trabajo permite resultados más precisos en los cálculos de cobertura. El patrón obtenido en el Radio Mobile se muestra en la figura 2.



**Figura. 2: Patrón de radiación de la antena Xpol en el plano vertical. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Radio Mobile.**

#### Generación de los Mapas de Cobertura

Para comenzar a definir el lugar para el emplazamiento, se definen los puntos principales donde se desea tener cobertura, en dichos puntos se ubican marcadores, a mayor cantidad de puntos, mayor precisión en el estudio, aunque aumenta el tiempo de corrida del programa para dar los resultados. En este caso se consideraron suficientes 10 puntos. En la figura 3 puede observarse destacado en color azul el tramo de carretera que está bajo análisis. [6]



**Figura. 3: Tramo de carretera sin cobertura celular. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Radio Móvil**

## DISEÑO DE COBERTURA CELULAR EN CARRETERA USANDO LA HERRAMIENTA RADIO MÓVIL

Sobre esta línea se lanza una serie de análisis de radio, que investigan el enlace Estación Base - Móvil, esto se realiza mediante la función "Cobertura de radio en la ruta" de la herramienta Radio Móvil, y su resultado se presenta en la figura 4.

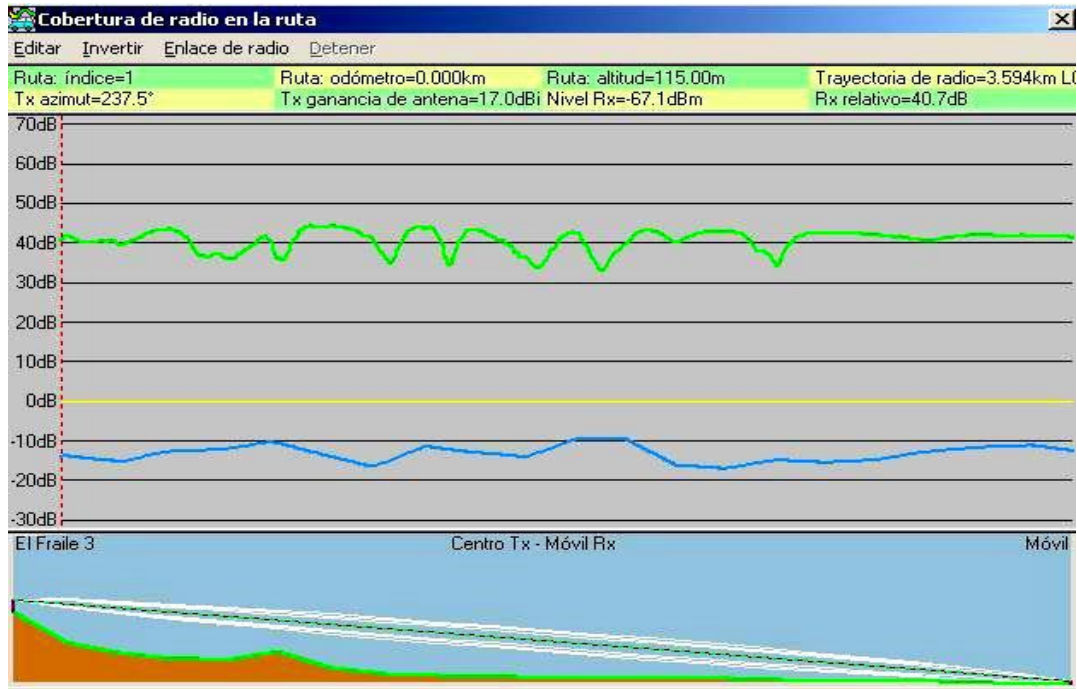


Figura. 4: Cobertura de radio en la ruta. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Radio Móvil.

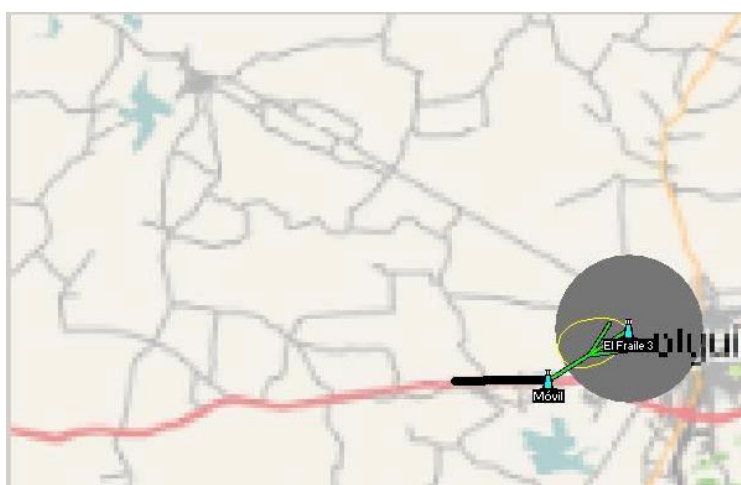
De la figura anterior se observa que durante todo el recorrido del móvil por el tramo de carretera, existe una línea de vista con la Radio Base, la cual tiene efectivamente una posición muy ventajosa para dar servicio en esta área. Esta conclusión puede obtenerse al observar la línea inferior azul de la figura 3, dicho color azul fue definido en la herramienta Radio Móvil para todos los casos en que se lograra despeje y línea de vista en los enlaces de radio, en este caso que se logra línea de vista en todo el trayecto, dicha línea se marca en azul en todo el gráfico. La línea superior verde expresa que durante toda la trayectoria, la señal recibida está por encima del umbral de calidad para el estándar GSM. Esto permite concluir que el sector 3 de la Estación Base, se logra optimizar con un azimut de  $252^\circ$  respecto al norte magnético. Estas fueron las especificaciones técnicas para este estudio, con lo que se obtuvieron los mejores resultados.

En la parte inferior de la figura 3 puede observarse el perfil de radio del enlace Estación Base – Móvil, en el mismo puede significarse que las zonas de fresnel del enlace están ampliamente despejadas durante toda la trayectoria de estudio del móvil, lo cual hace un éxito la propuesta de implementación del sector 3 de dicha estación para servir el tramo de carretera con bajo nivel de servicio celular.



Este análisis es muy útil pues permite observar el efecto de las irregularidades del terreno sobre la propagación de las señales de radio. Esta investigación es muy difícil hacerla sin el auxilio de estas herramientas, es una poderosa ayuda para el técnico experimentado pues hace innumerables cálculos que detallan cada punto dentro del área de estudio. De hacerse un mero análisis visual de la zona de trabajo, se quedan muchos detalles sin tener en cuenta, debido a lo complejo de las leyes de propagación de radio. En la práctica, estas herramientas proporcionan información que es invisible de otra manera, da resultados que difícilmente pueden ser previstos de antemano antes de su uso.

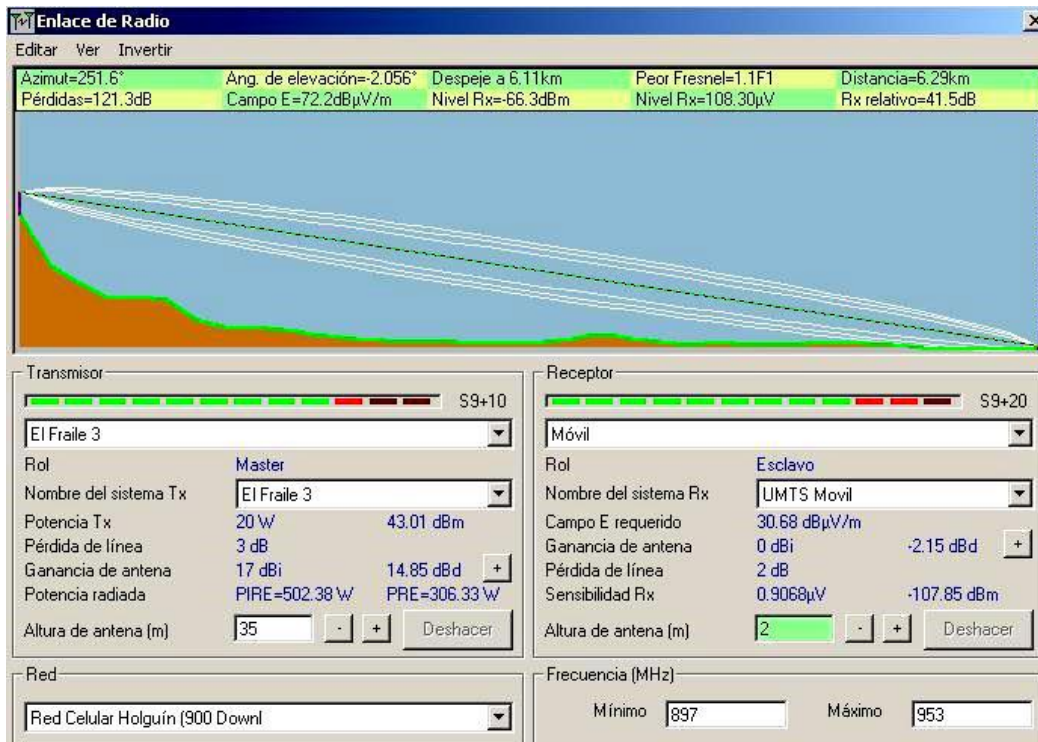
En la figura 5 puede observarse la orientación de la antena del sector 3 de la Estación Base, que es muy ventajoso para la iluminación del tramo de carretera destacado en azul en el mapa. Se observa además, el patrón de radiación de la antena del sector 3 de la Estación Base propuesta en este trabajo representada por una línea amarilla en forma de lazo cerrado, puede verse como su orientación es efectivamente muy ventajosa para el servicio al tramo de carretera en estudio, pues está orientada directamente hacia la zona sin cobertura, esto permite altos niveles de señal en esta zona, pues se alcanza una gran ganancia de radio en esta dirección (todos los 18 dBi que proporciona la antena de Estación Base GSM).



**Figura. 5: Enlace Estación Base - Móvil. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Radio Móvil.**

El enlace de radio Estación Base – Móvil, se muestra en la figura 6.

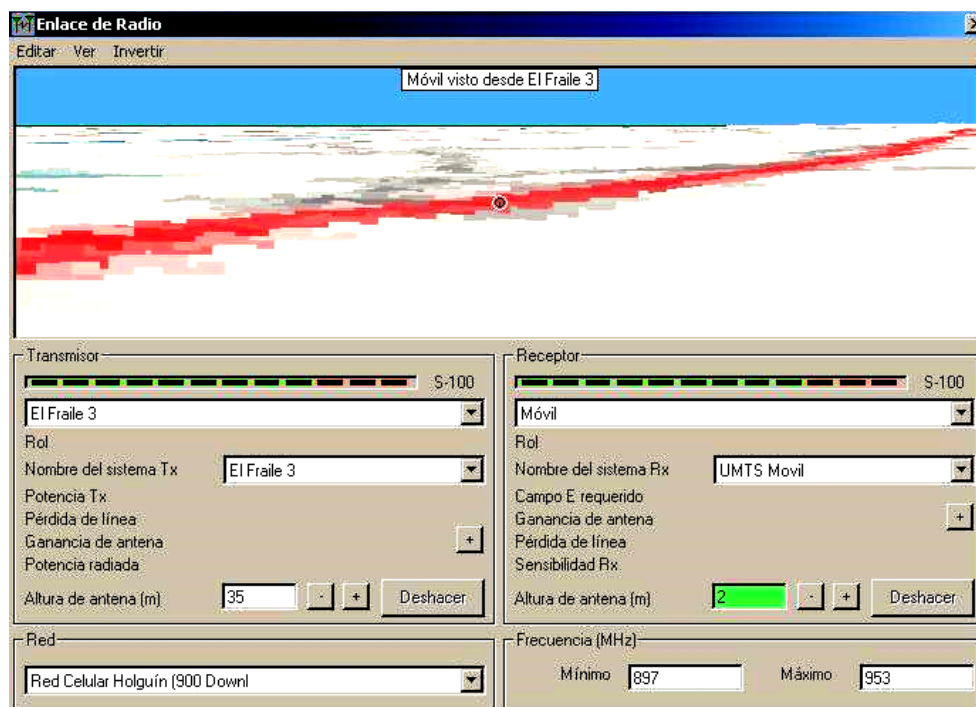
## DISEÑO DE COBERTURA CELULAR EN CARRETERA USANDO LA HERRAMIENTA RADIO MÓVIL



**Figura. 6: Detalle del Enlace Estación Base - Móvil. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Radio Móvil.**

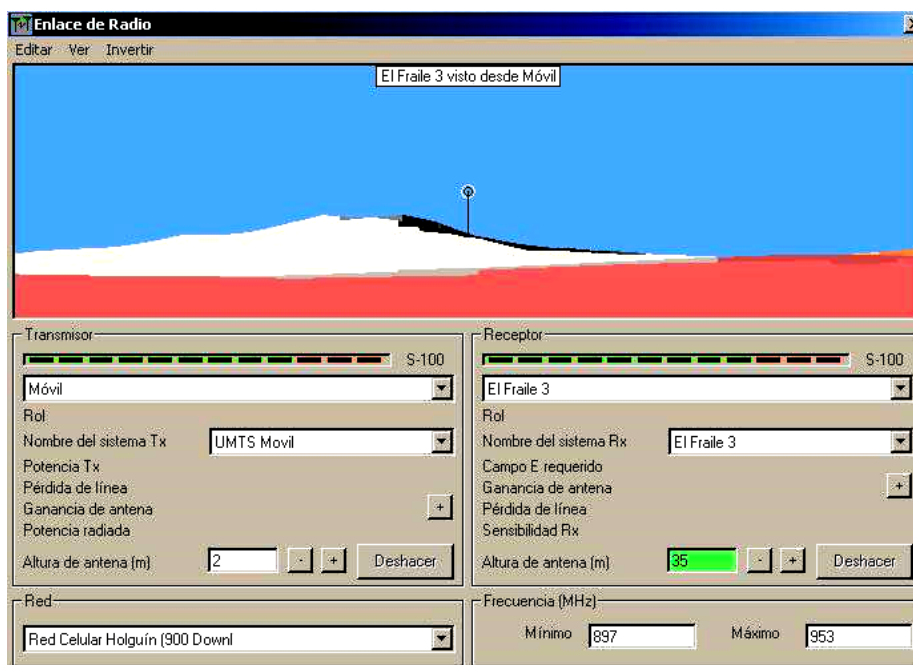
Con esta función de la herramienta Radio Móvil es posible ver todos los aspectos técnicos del enlace de radio, tales como pérdidas del enlace, nivel de señal recibida, y una visualización detallada de las zonas de Fresnel.

Una vista preliminar de cómo se vería al móvil si se situara un observador en la ubicación propuesta para la Estación Base, se puede observar en la figura 7. En ella puede verse la carretera central representada en rojo, donde el punto central, representado con un pequeño círculo, es el móvil en el tramo de la trayectoria modelada en el presente trabajo, como puede verse, la visibilidad es completa, lo que refuerza el criterio de la viabilidad de la propuesta para resolver el problema de cobertura en este lugar.



**Figura. 7: Vista del móvil desde un observador situado en el lugar escogido para la Estación Base. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Radio Móvil.**

En la figura 8 se presenta una vista preliminar de cómo se vería a la Estación Base si se situara una observación en la posición del móvil, que puede moverse libremente por toda la trayectoria definida como de bajo servicio de la carretera central.

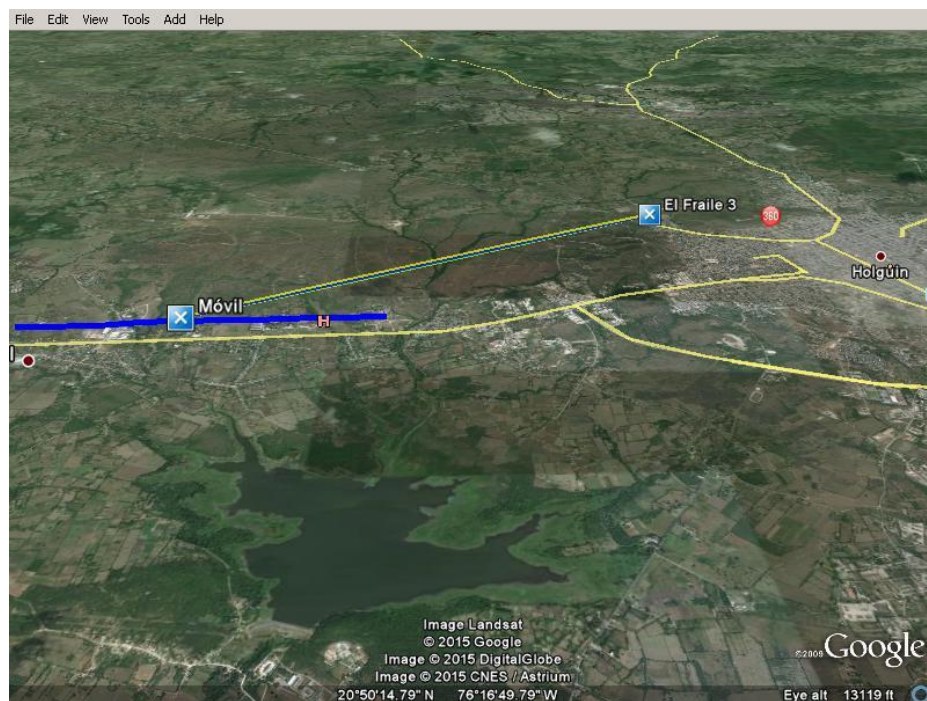


**Figura. 8: Vista de la Estación Base desde un observador situado en el lugar escogido para el móvil, en su trayectoria por la carretera central. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Radio Móvil.**

## DISEÑO DE COBERTURA CELULAR EN CARRETERA USANDO LA HERRAMIENTA RADIO MÓVIL

En la figura se observa la torre de la Estación Base, representada al fondo de la imagen como una línea perpendicular al terreno, con un pequeño círculo en su extremo superior, el cual representa la posición de sus antenas, en rojo está representada la carretera, sobre la cual está ubicado el móvil, como puede verse entonces en la figura, la visibilidad de la Estación Base por parte del móvil es totalmente directa, sin ninguna obstrucción, lo que refuerza a su vez el criterio de factibilidad de la propuesta.

Luego se procede a integrar el enlace de radio obtenido en la herramienta Google Tierra, lo cual es posible pues ambas utilizan la misma base de datos de topografía digital, esto permite visualizar el escenario de transmisión de una manera más realista, pues combina los datos topográficos con imágenes fotográficas satelitales de alta resolución. Esto permite hacer posible el análisis por personas que no estén familiarizadas con el terreno, lo que le da a estas herramientas una utilidad aún mayor. La imagen resultante de esta operación, puede verse en la figura 9.



**Figura. 9: Vista del enlace Estación Base – móvil mediante fotografía satelital. Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Radio Móvil y Google Tierra.**

En la figura puede observarse destacado en color azul, se observa la trayectoria que sigue el móvil en el tramo de carretera estudiado, también la posición de la Estación Base, así como la dirección del enlace de radio. Esta imagen representa el enlace en un punto del tramo de carretera, pero pueden generarse análisis específicos para cualquiera del resto de los puntos contenidos en el tramo de carretera en estudio.

Con esta propuesta se pone en práctica exitosamente, el uso de las herramientas Google Earth y Radio Móvil como soporte técnico para la confección de propuestas de crecimiento al Departamento de

Inversiones de la División de Servicios Móviles de ETECSA. Constituye un trabajo generalizable y de alto impacto para ETECSA en el marco actual de desarrollo de la infraestructura de telefonía móvil.

## CONCLUSIONES.

En este trabajo se ponen en práctica las herramientas Radio Móvil y Google Earth de manera satisfactoria. Esto es muy ventajoso pues son programas accesibles sin costo en Internet, y puede utilizarse como apoyo en el territorio para hacer propuestas al nivel nacional para el despliegue de radio bases ya que es muy útil. Se realizó una extensa búsqueda bibliográfica, en literatura de primer nivel, para lograr definir las especificaciones técnicas para la selección del sitio del emplazamiento. Se evaluó la herramienta "Cobertura de radio en la ruta" del software Radio Móvil., se realizaron demostraciones del desempeño de la red para múltiples casos, y el alcance de la cobertura de señal para cada uno de ellos, exponiéndose finalmente la más ventajosa desde el punto de vista técnico y económico. Se hizo uso de muchos conceptos de radio propagación, de parte de la experiencia del autor en trabajos anteriores. Se observa que la selección de la ubicación óptima de una radio base para telefonía móvil es un proceso extremadamente complejo pues la red interactúa de manera invisible y da lugar a fenómenos como la interferencia. En muchas ocasiones se hace muy difícil llegar a la solución más correcta, pero al menos el estudio permite prever el estado de deseo ideal de la red y sirve de base, aún en esos casos, para tener un mejor conocimiento del estado de la técnica instalada, y proporciona elementos que permiten establecer prioridades de desarrollo futuros. De no contarse con estas herramientas es realmente imposible realizar un trabajo eficiente, y los softwares Radio Mobile y Google Earth son de uso libre y de amplio y garantizado soporte técnico al menos hasta el futuro cercano. Este trabajo puede ser realizado por cualquier técnico capacitado y con acceso a una conexión rápida a Internet mediante un ordenador promedio.

En este caso la implementación de la propuesta sí es totalmente factible, pues el sitio señalado desde el punto de vista técnico es perfectamente utilizable desde el punto de vista práctico, y ofrece muchas ventajas que facilitan su seguimiento posterior, y su mantenimiento.

Mediante las herramientas y procedimientos mostrados en este trabajo, puede hacerse un estudio científicamente fundamentado del comportamiento que se puede esperar de la cobertura en carreteras en la tecnología celular GSM, muy difundida en la red móvil cubana de ETECSA. Puede modelarse el movimiento de una estación móvil en una trayectoria predefinida. Esto es muy importante pues las carreteras son escenarios de gran tráfico móvil, y la calidad de la cobertura es un factor crítico en estas zonas, para evitar la caída de llamadas y los no accesos a la red, que deterioran los indicadores de calidad de servicio y empobrecen la experiencia del usuario del servicio de telecomunicaciones móviles. En este trabajo se demuestra técnicamente la factibilidad de la ubicación de la Estación Base, para dar solución al bajo nivel de servicio móvil en el tramo de carretera en la ciudad de Holguín.

## REFERENCIAS.

1. Mishra, A.: *Advanced Cellular Network Planning and Optimisation*, Ed. Jhon Wiley & Sons, Ltd, Londres, 2007. 265 - 320 pp. ISBN 978-0-470-01471-4.
2. Colectivo de Autores.: *Understanding UMTS Radio Network*, Ed. Jhon Wiley & Sons, Ltd, Londres, 2006. 114 - 150 pp. ISBN 978-0-470-01567-4.
3. **G3TVU.** *Radio Mobile* [en línea]. Reino Unido. [ref. de 22 de febrero 2015] Disponible en Web: [http://www.g3tvu.co.uk/Radio\\_Mobile.htm](http://www.g3tvu.co.uk/Radio_Mobile.htm)
4. G3TVU. *Fox Hunt* [en línea]. Reino Unido [ref. de 10 de marzo 2015] Disponible en Web: [http://www.g3tvu.co.uk/Fox\\_Hunt.htm](http://www.g3tvu.co.uk/Fox_Hunt.htm)
5. Wikipedia *Google Earth* [en línea]. [ref. de 25 de enero 2015] Disponible en Web: [http://en.wikipedia.org/wiki/Google\\_earth](http://en.wikipedia.org/wiki/Google_earth)
6. G3TVU *Route Radio Coverage* [en línea]. Reino Unido. [ref. de 12 de abril 2015] Disponible en Web: [https://dl.dropboxusercontent.com/u/33863934/Website-pdfs/Route\\_Radio\\_Coverage.pdf](https://dl.dropboxusercontent.com/u/33863934/Website-pdfs/Route_Radio_Coverage.pdf)