

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Redimensionamiento del Sistema Telefónico del Escambray cienfueguero

Autor: Alvin Danilo Cordero Hernández

Tutor: Ing. Ramón Fajardo González

Consultante: M.Sc. David Beltrán Casanova

Santa Clara

2006

"AÑO DE LA REVOLUCIÓN ENERGÉTICA EN CUBA"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Redimensionamiento del Sistema Telefónico del Escambray cienfueguero

Autor: Alvin Danilo Cordero Hernández

E-mail: alvin@uclv.edu.cu

Tutor: Ing. Ramón Fajardo González

Esp. Tx. Grupo de Desarrollo de la Red

ETECSA Cienfuegos

E-mail: ramonf@cfg.etcusa.cu

Consultante: M.Sc. David Beltrán Casanova

Santa Clara

2006

"AÑO DE LA REVOLUCIÓN ENERGÉTICA EN CUBA"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Telecomunicaciones autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Tutor

Firma del Jefe de
Departamento donde se
defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico –
Técnica

PENSAMIENTO

“La felicidad no está en la ciencia, sino en la adquisición de la ciencia”
Edgar Allan Poe

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A mi tutor Ing. Ramón Fajardo González por tantas horas de apoyo e interés para con este trabajo.
- ❖ A mi consultante David Beltrán Casanova por su asesoría en la conformación metodológica de la tesis.
- ❖ A mi familia por su eterno y profundo apoyo.
- ❖ A mi Diana por su amor y paciencia en los malos días y en los buenos días.
- ❖ A Raquel Sosa Gonzáles por abrirme el camino.
- ❖ A todos los que aportaron su tiempo, consejos y empeño.

DEDICATORIA

- ❖ A mi familia por ser el motor impulsor de lo que soy y seré.
- ❖ A Javier Ávalos Gallo por ser quien no pensó ser, mi ejemplo y guía en la profesión.
- ❖ A Jorge Monroy y Eduardo Lajares por sus manos amigas.
- ❖ A Diana por ser el sostén de mi amor y mi cordura.

TAREA TÉCNICA

1. La realización del nuevo sistema de telefonía para el Escambray cienfueguero es iniciada con una revisión bibliográfica y de sitios en Internet sobre el tema de la telefonía rural. Analizar algunas variantes que pudieran dar solución a este proyecto, enfatizándose en aquellas con las cuales la empresa ETECSA haya tenido experiencia en el país.
2. Análisis del sistema montado en la actualidad y su equipamiento. Evaluar los daños que sufrió este sistema y los inconvenientes que posee para su gestión.
3. Estudio Radioeléctrico del terreno a cubrir con el sistema. Realizar nuevamente los estudios de los perfiles que funcionan con el actual sistema, y estudiar perfiles novedosos con el fin de diseñar un sistema con mayor cobertura radioeléctrica.
4. Llevar a cabo el diseño generalizado y específico del nuevo sistema de telefonía. Para esto, buscar una tecnología diferente que asuma con mejor desempeño el nuevo sistema; aumentar el área de cobertura radioeléctrica y el tráfico telefónico para esta región.
5. Búsqueda de los proveedores del nuevo equipamiento. Realizar un estudio de mercado con las firmas que presentan contrato con ETECSA, para analizar las variantes de equipamiento de la nueva tecnología. Posteriormente llegar a un acuerdo respecto a la calidad del sistema, y así escoger el equipamiento definitivo, analizando en los mismos los niveles de potencias recomendados.

RESUMEN

El presente trabajo surge a partir de la necesidad de la empresa ETECSA de crear un nuevo sistema de telefonía para el Escambray cienfueguero. Esto a causa de que el actual, ha sufrido varias pérdidas a causas de fenómenos meteorológicos, se encuentra saturado de abonados, y es necesario independizar el territorio cienfueguero de la central de Villa Clara quien gobierna dicho sistema.

Para este fin se analizaron algunas variantes de telefonía rural; se realizaron estudios radioeléctricos con el objetivo de aumentar la cobertura telefónica; y se hizo un estudio de mercado para la selección final de la tecnología y el equipamiento.

La cobertura telefónica se logró aumentar gracias a la integración de nuevos perfiles y de un aumento de tráfico hacia la región. Como tecnología y equipamiento fue seleccionado el sistema GSM, Alcatel Evolium 9100 CBO.

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO #1: TECNOLOGÍAS DE TELEFONÍA RURAL.....	3
1.1 Introducción	3
1.2 Principales Tecnologías	5
1.2.1 Sistemas satelitales.....	5
1.2.2 WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	6
1.2.3 GSM (Global System for Mobile Communications)	7
1.2.4 WLL (Wireless Local Loop)	12
1.3 Análisis del sistema actual y su cobertura	16
1.3.1 Descripción del sistema WLL Alcatel A9800 R3.....	19
CAPÍTULO #2: ESTUDIO RADIOELÉCTRICO Y DE TRÁFICO	20
2.1 Introducción	20
2.2 Metodología para la realización de un estudio radioeléctrico	20
2.3 Estudios de los enlaces para el nuevo sistema	26
2.3.1 Enlaces con fibra óptica.....	31
2.3.2 Enlaces inalámbricos	34
CAPÍTULO #3: SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y EQUIPAMIENTO.....	38
3.1 Introducción	38
3.1 Selección de la tecnología	38
3.2 Selección del equipamiento para la tecnología GSM.....	40
3.2.1 Características técnicas.....	40
3.2.2 Cálculo del nivel potencia para la estación Alcatel Evolium 9100 CBO.....	42
3.3 Equipos para el transporte de los flujos E1 por vía radio.....	43
3.3.1 Simulación del Airmux-200 en el programa Maxwell.....	46
3.3 Equipos para el transporte de los flujos E1 por fibra óptica	49
3.3.1 Cálculos de potencias en los enlaces	50
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA	56
GLOSARIO DE SIGLAS Y TÉRMINOS	57
ANEXOS	58

INTRODUCCIÓN

En un mundo donde las comunicaciones se tornan más necesarias cada día, es preciso acudir, en ocasiones, a algunas variantes que sirvan de alternativa para conectar a una red de comunicaciones, algunos lugares de difícil acceso para la red alamburada. Por eso se han desarrollado técnicas de acceso inalámbrico que permiten conectarse por medio de las ondas de radio a cualquier red de voz y datos a velocidades y con prestaciones similares a la de una conexión alamburada.

La región del Escambray cienfueguero presenta una topología en su terreno muy irregular, lo que la hace una zona donde la penetración de la Red Pública de Conmutación Telefónica (PSTN en inglés) sea muy escasa. Por esta causa la empresa ETECSA como parte de su programa de expansión y modernización decidió instalar un sistema WLL (Acceso Local Inalámbrico) que pudiera cubrir las necesidades de telefonía básica de gran parte del Escambray. Este sistema llegó a su punto de saturación en poco tiempo; además resultaba un inconveniente el hecho de que este abarcara tres provincias (Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spíritus) y que fuera gobernado solo por la central de Villa Clara; sumémosle a todo lo anterior los daños sufridos por el sistema a causa del huracán “Dennis”. Es importante señalar que en el año 2002 la firma ALCATEL, proveedora del equipamiento discontinuó la producción del mismo lo que prácticamente hace obsoleta la técnica actualmente instalada. Siendo estas las razones que motivaron a la gerencia territorial de ETECSA en Cienfuegos a rediseñar, modernizar e independizar el sistema de telefonía del Escambray cienfueguero, con el interés además de analizar profundamente la posibilidad de aumentar el número de abonados hacia esta zona.

Para llevar a cabo el nuevo diseño del sistema se realizó un estudio previo de algunas de las más nombradas variantes de telefonía rural que existen. Posteriormente se analizó la estructura y dificultades del actual sistema con el propósito de lograr una mejoría con el nuevo diseño. Crear un sistema que amplíe el número de servicios telefónicos hacia esta zona necesariamente se encuentra ligado a un estudio de nuevos perfiles que extiendan la cobertura radioeléctrica y a un estudio de tráfico telefónico que permitan el aumento de los mismos. Estos estudios fueron realizados con ayuda de mapas

topográficos de la zona y simulados en el software para cálculos de radioenlaces Maxwell. A pesar de que todas las zonas que se deseaban cubrir no pudieron entrar en el sistema, sí se logró un aumento considerable del número de abonados que formaran parte del futuro sistema en comparación con los existentes actualmente.

Todo sistema necesita ser implementado con una tecnología y un equipamiento, por lo que se escogió la tecnología considerada como óptima y los equipos con mayores beneficios para la puesta en marcha del mismo.

CAPÍTULO #1: TECNOLOGÍAS DE TELEFONÍA RURAL

1.1 Introducción

Considerando la comunicación como parte de la base de toda población, se han inventado tecnologías para estar comunicados a largas distancias, sea al transportar físicamente a una persona de un lugar a otro, o enviar un mensaje de un punto a otro. La comunicación ha sido, lo es hoy en día y lo seguirá siendo, una de las necesidades básicas para el crecimiento de una población.

Alexander Graham Bell, con su invento, solucionó la necesidad de estar comunicados con personas a grandes distancias, desde la comodidad de un lugar fijo. Siendo este hecho, el inicio de una mejora continua, para ofrecer dispositivos que permitan una interacción cada vez más personal e íntima. Hoy en día se tienen los teléfonos fijos y los teléfonos móviles, siendo este último, el que ha tenido un crecimiento a pasos gigantescos no sólo en tecnología sino también en mercado, desde su aparición en 1979. Desde ese entonces ha evolucionado a través de tres generaciones que pudieran dividirse y describirse como sigue:

- La primer generación (1G) de telefonía móvil, contaba con fallas, como toda tecnología en sus inicios, algunas características fueron: Baja calidad en los enlaces, 100% analógica, y no contaba con seguridad en la transmisión; utilizada por la policía de Chicago.
- La segunda generación (2G), tuvo un retraso de once años, apareciendo en 1990, trayendo consigo importantes características, siendo algunas las siguientes: 100% digital, aparece la tecnología GSM, empieza a tener un auge importante en el mercado.
- Antes de entrar en la tercera generación (3G), algunas empresas migraron a la generación 2.5G, ofreciendo la tecnología de GPRS (*Global Packet Radio System*) y adicionalmente preparar sus instalaciones para una migración completa hacia 3G.

Especialmente la telefonía móvil y otras tantas tecnologías de teléfonos vía radio han sido el pilar de las comunicaciones en zonas rurales donde el aislamiento y los precarios servicios de infraestructura son predominantes. Por lo tanto se puede afirmar que la telefonía inalámbrica juega un papel vital en el desarrollo económico y social de las zonas rurales, pues representa una alternativa viable en estos contextos.

Todo aquel poseedor de un equipo de telefonía vía radio de carácter fijo o móvil, cualquiera sea el lugar donde se encuentre, puede tener acceso a la red telefónica nacional o internacional, si está abonado a este servicio, pudiendo establecer una conversación con cualquier abonado telefónico a través de las frecuencias en las que opera algunas de las estaciones que actúan de enlace.

El servicio radiotelefónico rural, comprende una serie de estaciones fijas, que se hallan distribuidos en estratégicos puntos geográficos de un país, lo que garantiza la mayor cobertura del territorio. Además brinda un número considerable de beneficios tales como:

- Capacidad para un gran número de suscriptores.
- Uso eficiente del espectro electromagnético debido a la utilización repetida de frecuencias.
- Compatibilidad a nivel nacional e internacional, para que los usuarios móviles puedan utilizar sus mismos equipos en otros países o áreas.
- Prestación de servicios para aplicaciones de datos, voz y video.
- Adaptación a la densidad de tráfico, dado que la densidad de tráfico es diferente en cada punto de la zona de cobertura.
- Calidad del servicio (en el caso de la voz) comparable al servicio telefónico tradicional.

1.2 Principales Tecnologías

A continuación se describirán las principales tecnologías de comunicación inalámbricas, sobre todo aquellas que han tenido más impacto en la sociedad. Se abordará mucho más en aquellas con las cuales la empresa ETECSA ya tiene antecedentes aquí en Cuba, y que se pretenden sean las variantes más seguras a utilizar en el proyecto que nos ocupa.

1.2.1 Sistemas satelitales

Generalidades

Las comunicaciones vía satélite han sido una tecnología muy utilizada para proveer comunicaciones a áreas alejadas y de difícil acceso. Ante la escasa y en muchos casos nula infraestructura terrestre de comunicaciones en las zonas remotas, las comunicaciones vía satélite abren una ventana hacia al resto del mundo. Las comunicaciones satelitales permiten transmitir múltiples servicios de voz, datos y video a velocidades en el orden de Megabits por segundo. Las terminales satelitales hacen posible las comunicaciones donde otros medios no pueden penetrar por su alto costo.

La introducción de pequeñas terminales conocidas como VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) ha permitido que el costo de las comunicaciones vía satélite haya bajado considerablemente. VSAT es una tecnología de comunicaciones vía satélite que mediante el uso de antenas de satélite con diámetros pequeños, permiten comunicaciones altamente seguras entre una estación maestra y nodos dispersos geográficamente.

Los métodos de acceso al medio en comunicación trabajan de manera similar a la telefonía celular. Aunque en comunicaciones vía satélite SCPC/FDMA (*Single Channel Per Carrier/FDMA*) y TDMA (*Time Division Multiple Access*) son los métodos de acceso múltiple más populares para redes privadas con VSATs; otras variantes de TDMA como DAMA (*Demand Assignment Multiple Access*) y ALOHA son también utilizados en menor proporción. TDMA y CDMA (*Code Division Multiple Access*) son ampliamente usados para comunicaciones móviles por satélite por los satélites LEOs (*Low Earth Orbit*) y MEOs (*Medium Earth Orbit*).

1.2.2 WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)

Generalidades

Es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (IEEE 802.16a-2004) diseñado para ser utilizado en una red de área metropolitana (MAN). Estos estándares permitirán conexiones de velocidades similares al ADSL (*Asimetric Digital Subscriber Line*) sin cables, y hasta una distancia de 50 a 60 [km]. Este nuevo estándar será compatible con otros anteriores, como IEEE 802.11. La tecnología WiMax será la base de las Redes Metropolitanas de acceso a Internet, servirá de apoyo para facilitar las conexiones en zonas rurales, y se utilizará en el mundo empresarial para implementar las comunicaciones internas. Además, su popularización supondrá el despegue definitivo de otras tecnologías, como VoIP. El estándar inicial 802.16 se encontraba en la banda de frecuencias de 10-66 [GHz] y requería torres LOS (*Line Of Sight*). La nueva versión 802.16a, ratificada en marzo de 2003, utiliza una banda del espectro más estrecha y baja, de 2-11 [GHz], facilitando su regulación. Además, como ventaja añadida, no requiere de torres LOS sino únicamente del despliegue de estaciones base (BS) formadas por antenas emisoras/receptoras con capacidad de dar servicio a estaciones suscriptoras (SS) que pueden dar cobertura y servicio a edificios completos. Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias. Está basada en OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*), y con 256 subportadoras permite la conexión sin línea vista, es decir, con obstáculos interpuestos, con capacidad para transmitir datos a una tasa de hasta 75 [Mbps] con una eficiencia espectral de 5.0 [bps/Hz] y dará soporte para miles de usuarios con una escalabilidad de canales de 1,5 [MHz] a 20 [MHz].

1.2.3 GSM (*Global System for Mobile Communications*)

Definición

La arquitectura GSM, o sistema global para comunicaciones móviles, constituye actualmente un sistema de red celular altamente consolidado y unificado. El estándar GSM incluye, tanto la interfaz de aire, como la arquitectura de las radiobases y los centros de control.

Generalidades

El GSM es la tecnología sobre la que hoy descansa la mayor cantidad de aparatos móviles en uso en todo el planeta. Se ha convertido en el canon de la telefonía celular de estos días. Esta tecnología garantiza, además, un camino evolutivo seguro de la red y los servicios hacia la Tercera Generación de Telefonía Celular (3G) permitiéndoles a los operadores, una vez desplegada la red para telefonía básica de GSM, introducirse en el negocio de datos móviles para elevar sus ganancias; a través, de sistemas más complejos como GPRS, EDGE (*Enhanced Data for GSM Evolution*), y UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), sistema escogido por Europa como representante de la 3G, con velocidad de datos máxima de 2 [Mbps].

Revolución y evolución de GSM

El sistema GSM surge en Europa como primera norma de Telefonía Celular de Segunda Generación, desde que diversos grupos comenzaron a desarrollarla en la década de 1980, buscando comprimir las conversaciones para que varias de ellas aprovecharan el mismo espectro radioeléctrico y persiguiendo alta calidad de voz y la transmisión digital de la voz. El nuevo sistema a desarrollar debería ser capaz de dar servicio a un gran número de abonados con cobertura internacional y ser muy flexible en cuanto a los terminales, debería estar abierto a la interacción con las futuras redes avanzadas de telecomunicaciones.

El GSM definió una serie de requisitos básicos para el nuevo sistema digital, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Capacidad total de seguimiento automático, tanto nacional como internacional.
- Número telefónico de abonado único.
- Gran capacidad de tráfico con una utilización del espectro optimizada.

- Mejoras en la capacidad de los servicios y mayores facilidades que en los sistemas actuales.
- Posibilidad de coexistencia con los sistemas actuales de primera generación en los mismos emplazamientos de estaciones de base.
- Posibilidad de interconexión con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).
- Inclusión de servicios no telefónicos.
- Posibilidad de utilización de terminales de usuarios de reducido tamaño, en especial aparatos portátiles de bolsillo.
- Terminales personalizables.
- Mejoras en la seguridad de transmisión de la voz.
- Mayor eficacia de las baterías de los portátiles.
- Utilización de los sistemas de señalización avanzados.
- Coste para el usuario no mayor que en los sistemas actuales.

Los primeros estudios y recomendaciones del GSM se centraron en el establecimiento de una banda de frecuencias común y el desarrollo de especificaciones armonizadas para las interfases entre las unidades funcionales básicas del futuro sistema, aunque dejando un marco suficientemente amplio de libertad de diseño que estimulase la competitividad entre los fabricantes.

Las directrices que han orientado el desarrollo de las especificaciones fueron:

- Utilización de una banda común, reservada al GSM en todos los países participantes.
- Estructura celular digital.
- Sistema de acceso múltiple TDMA de banda estrecha.
- Algoritmo de codificación de fuente de pequeña velocidad de bits.
- Control de potencia y de transmisión/recepción.
- Arquitectura OSI (*Open Systems Interconnection*).
- Señalización avanzada (CCITT num. 7).

Los europeos emprendieron este reto aceleradamente, y ya en 1982 la CEPT (Conferencia de de correos y telégrafos europeos) comienza a estudiar y desarrollar un sistema móvil terrestre público paneuropeo. En 1989 la responsabilidad de GSM fue transferida al Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo y la fase I de las

especificaciones GSM fue publicada en 1990. Posteriormente se convierte, gracias a su eficiencia y nivel de estandarización, en un estándar mundial, y ya comercial, a partir del año 1991 cuando producto del enorme éxito de su primera implementación práctica numerosos operadores instalaron y desarrollaron esta moderna tecnología. Posteriormente a que realiza su despegue en el Viejo Continente se expande imponentemente al resto de los continentes en las frecuencias de 900, 1800 y 1900 [MHz], a una velocidad de transmisión de 9,6 [Kbps]. El suceso único de GSM puede ser atribuido a muchos factores, incluido la inigualable cooperación y soporte entre todas sus plataformas de proveedores, desarrolladores y explotadores de la tecnología. Esto se ha basado a través de una verdadera solución de extremo a extremo, desde la infraestructura y los servicios hasta el manejo y facturación del sistema.

Descripción general del sistema GSM

El sistema GSM se estructura en:

- Entidades funcionales.
- Interfaces.

La arquitectura funcional define las entidades que tienen a su cargo la ejecución de funciones definidas del sistema. Las interfases establecen fronteras de repartición funcional.

Se han definido dos interfaces básicas, que se denominan “interfaz de línea” e “interfaz aéreo”.

La interfaz de línea, denominada “A”, separa el Centro de Conmutación (MSC) del Sistema de Estación Base (BSS). Hay una interfaz opcional “A-bis”, entre el controlador de estación base (BSC) y el transceptor de estación base (BTS), los cuales pueden estar físicamente separados.

El interfaz radio “Um” delimita la frontera entre la estación base (BS) y las estaciones móviles (MS).

La arquitectura funcional se representa en la figura 1.1 y hace referencia al sistema de estación base, terminales móviles, centro de conmutación y registros de localización de abonados fijos/transeúntes.

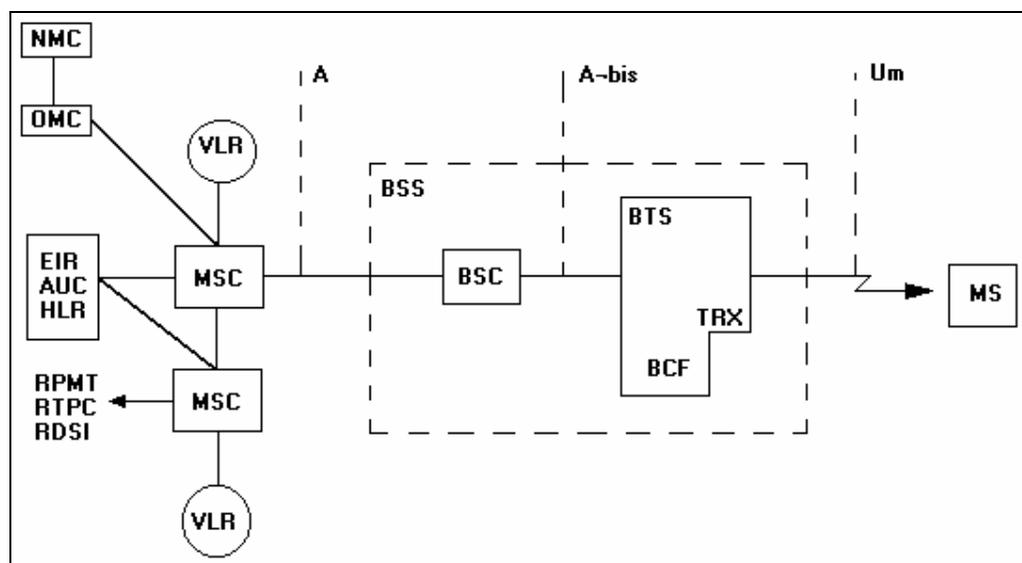


Figura 1.1. Arquitectura funcional del sistema GSM.

Las abreviaturas de los elementos que aparecen en la figura tienen los siguientes significados:

AUC: Centro de autenticación.

BCF: Funciones de control de la estación base.

BSC: Controlador de la estación base.

BSS: Sistema de estación base.

BTS: Transceptor de estación base.

EIR: Registro de identidad de equipo.

HLR: Registro de abonados locales.

MS: Estación base.

MSC: Centro de conmutación de servicios móviles.

NMC: Centro de gestión de la red.

OMC: Centro de operación y mantenimiento.

RDSI: (ISDN) Red digital de servicios integrados.

RPMT: (PMLN) Red pública móvil terrestre.

RTPC: (PSTN) Red telefónica pública con conmutación.

TRX: Transceptores.

VLR: Registro de visitantes.

Servicios que pueden ser ofrecidos por un sistema GSM

Servicios portadores.

Se establecen entre las terminaciones de red a ambos lados, ofreciendo al usuario una capacidad de transporte independiente del contenido de la información, en régimen síncrono/asíncrono, modo circuito y paquetes.

Teleservicios.

Se prestan entre terminales móviles. En GSM se ofrecen una amplia gama, de la que destacamos los siguientes:

- Telefonía digital con codec.
- Mensajes cortos.
- Tratamiento de mensajes.
- Videotex.
- Teletex.
- Facsímil.

En cuanto a servicios suplementarios, tan bien su número es grande, pudiendo destacarse los siguientes:

- Identificación del abonado llamante.
- Redireccionamiento de llamadas.
- Llamada en espera.
- Terminación de llamadas de usuarios ocupados.
- Grupo cerrado de usuarios.
- Tarificación (llamadas gratuitas, a cobro revertido, avisos.)
- Mantenimiento de llamadas.
- Transferencia de llamadas.
- Multiconferencias.
- Prohibición de determinadas llamadas desde la terminar.

1.2.4 WLL (*Wireless Local Loop*)

Definición

Algunas veces llamado RITL (*radio in the loop*) o FRA (*fixed-radio access*), WLL es un sistema basado en celdas que conecta abonados a la red pública de conmutación telefónica (PSTN, *Public Switched Telephone Network*) usando señales de radio en sustitución de la línea de cobre entre el abonado y la central. Este incluye un sistema de acceso inalámbrico, acceso fijo vía radio propietario, y un sistema celular fijo.

Generalidades

El sistema WLL fijo tiene varios usos potenciales, entre los que están: llevar los servicios de telefonía a las áreas apartadas en el mundo; proveer de servicios avanzados a las áreas de negocios; reemplazar los sistemas cableados en las zonas comerciales y residenciales; y como una alternativa de tecnología de bucle local para mercados nuevos o liberalizados.

En la actualidad son muchos los abonados que utilizan la tecnología WLL; debiéndose esto a que en la última década del pasado siglo más de la mitad de la población mundial carecía de un servicio telefónico básico. Naciones en desarrollo como China, India, Brasil, Rusia, e Indonesia han visto la tecnología WLL como una eficiente vía para desplegar sus servicios telefónicos a millones de abonados, sin el gran gasto de varias toneladas de alambres de cobres. WLL permitió un paso importante en el desarrollo de enlaces locales, pues le permitió a las redes inalámbricas ya existentes, proporcionar los antiguos servicios telefónicos simples y accesos de datos.

Revolución y evolución de WLL

Desde el surgimiento de la telefonía, la línea de cobre fue siempre el tradicional proveedor del enlace entre el abonado telefónico y la central local. Pero la supremacía del cobre en los enlaces locales va decayendo cada día. La economía predominante y la tecnología emergente le han abierto las puertas a las soluciones WLL. Esta tecnología tuvo un surgimiento tal que sus protocolos han dependido de las aplicaciones a considerar, tales como el número y densidad de la población en un área geográfica (rural vs. urbano) y los servicios que solicite el abonado. En general, son muchas las razones que demuestran que la tecnología WLL ha triunfado sobre otras en cuanto a algunas aplicaciones.

WLL ha sido implementada por medio de cinco categorías de tecnologías inalámbricas. Estas son: celular digital, celular analógico, red de comunicaciones personal (PCN)/ servicios de comunicaciones personales (PCS), radio teléfonos de segunda generación (CT-2)/ telecomunicaciones radiales digitales europeas (DECT), e implementaciones de los propietarios. Cada una de estas tecnologías ha mezclado sus fuerzas y debilidades para dar paso a las aplicaciones de WLL.

Descripción general del sistema WLL

Esta tecnología WLL posee tres partes principales: las Unidades Terminales, las Estaciones Radio Base y la Unidad de Interfaz con la oficina de conmutación de telefonía pública (PSTN), como muestra la figura 1.2:

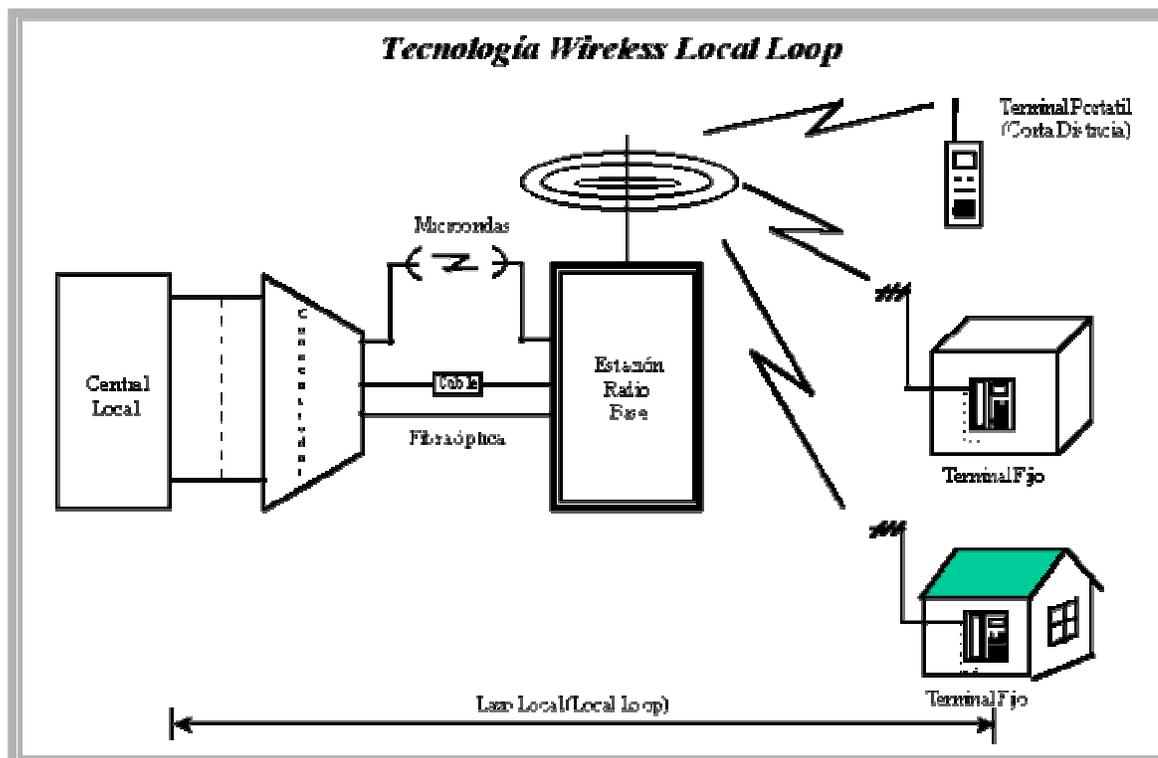


Figura 1.2. Descripción del sistema WLL.

Unidad Concentradora:

La unidad concentradora es una interfaz entre el Sistema de radio y la red de telefonía fija (PSTN). Se coloca lo más cerca posible de la central pública y su conexión con ella puede ser en forma analógica (vía conexión a dos hilos) o digital. Las líneas que en

telefonía alamburada se conectarían dos hilos para ser extendidas a los suscriptores, se conectan concentrándose y adaptándose para enviarse a través de un sistema de radio.

Estaciones Radio Base:

El área de servicio se logra a través de las Estaciones Radio Base, las cuales pueden conectarse a la unidad concentradora por cables de cobre, fibra óptica o microondas. Para compartir el medio de transmisión entre los usuarios, la Estación Radio Base puede usar distintos esquemas: acceso por división de frecuencia (*Frequency Division Multiple Access*, FDMA), acceso por división del tiempo (*Time Division Multiple Access*, TDMA) o acceso por división del código (*Code Division Multiple Access*, CDMA).

La Estación Radio Base puede comunicarse con cualquier Estación Terminal, siempre y cuando ésta se encuentre en el área de servicio de dicha estación. Además, el sistema puede tener una o más áreas de cobertura, las cuales se pueden identificar como Celdas o Células. Las estaciones base pueden ubicarse sobre edificios o torres, estando conectadas a los receptores por medio de ondas de radio.

Celdas:

Una celda puede ser omnidireccional o sectorizada. Las celdas omnidireccionales irradian la señal en todas direcciones siguiendo un patrón de radiación Horizontal en forma circular. Las celdas sectorizadas utilizan antenas direccionales, que poseen patrones de radiación caracterizados por la concentración de la mayor parte de la energía irradiada en un sector del espacio.

Estaciones Terminales:

Son la parte final del sistema, allí se conectan los suscriptores. Consisten en un transmisor, un receptor y una unidad de distribución. Pueden existir Estaciones Terminales portátiles, estas pueden desplazarse sin salir del área de cobertura de su Estación Radio Base.

Servicios que pueden ser ofrecidos por un sistema WLL

- Servicio de voz: PCM (*Pulse Code Modulation*) de 64 [Kbps], ADPCM (PCM adaptativo diferencial) de 32 [Kbps]
- Servicio de datos en banda de voz: 56 [Kbps] fax/módem
- Servicios de datos: 155 [Kbps] (Internet)
- Servicio ISDN: 144 [Kbps] (2B+D)

Tabla 1.1. Características Técnicas

Banda	Radio de cobertura	Ancho de Banda máximo	Línea de vista
26 [GHz]	2,8 [km] (4,5 [km] con parábolas)	8 (16) [Mbps]	Estrictamente necesaria
3,5 [GHz]	7 [km]	2 (4) [Mbps]	No estrictamente necesaria

La banda de 3,5 [GHz] es más adecuada para cubrir zonas amplias con poca densidad empresarial y con pocas necesidades de ancho de banda.

La banda de 26 [GHz] es más adecuada para dar servicio de calidad a zonas de gran densidad empresarial, ofreciendo un gran ancho de banda.

Servicio de Acceso a Internet de Alta Velocidad

- Acceso permanente, no requiere login cada vez que un usuario va a acceder, sino que está permanentemente conectado.
- Simétrico, a diferencia de alternativas que en realidad son sucedáneos de acceso a alta velocidad pensados para un uso no profesional (ADSL), el Servicio de Acceso a Internet de Alta Velocidad es simétrico, es decir, ofrece la misma velocidad tanto de bajada (cuando el usuario “baja” contenidos a través de Internet) como de subida (cuando el usuario utiliza Internet para “subir” contenidos y habilitar el acceso de terceros a estos).

- Esta facilidad resulta imprescindible para explotar el potencial de Internet como herramienta capaz de reducir costes operativos e incrementar la productividad, puesto que es la premisa para mantener sesiones interactivas.

1.3 Análisis del sistema actual y su cobertura

Antes del año 2001 y la llegada del programa de expansión y modernización de las redes telefónicas por parte de ETECSA, toda la zona rural del Escambray presentaba una crítica situación en cuanto a las comunicaciones telefónicas. Solo algunos asentamientos de mayor densidad poblacional y de fácil acceso disfrutaban de este servicio, que era en ese entonces de muy mala calidad. Estos servicios llegaban al abonado final por línea aérea desde la central, expuestas por tanto a muchas averías; además que el sistema era atendido por un centro de operadora muy obsoleto.

Tomada la decisión de modernizar las comunicaciones en el Escambray, ETECSA decide dado sus contratos con la firma francesa de telecomunicaciones Alcatel, invertir en un sistema que diera servicios telefónicos inalámbricos justificándose esto por la irregularidad de la zona a cubrir. Es por eso que se escoge el sistema WLL (Enlace Local Inalámbrico) Alcatel A9800 R3 que da cobertura hoy en día al Escambray. Dado que toda esta región se encuentra dividida en tres zonas, y cada una pertenece a una provincia diferente (Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spíritus), se realizó un estudio para lograr la mayor penetración del sistema y para conocer que variante era más factible, en cuanto a costo, a la hora de montar el sistema. El diseño quedó estructurado de tal forma que las tres zonas quedaron centralizadas en una XBS (Estación Base Central) localizada en Topes de Collantes, que enlaza y concentra a todos los abonados hacia la central telefónica de Santa Clara, donde se les conmuta, transita, administra y tarifica. El hecho de que, para el caso de Cienfuegos y Sancti Spíritus, una provincia se encargue de la reparación del servicio y otra de gestionar el sistema, pues conduce a constantes inconvenientes entre las dos filiales a la hora de alguna reparación o cambio del mismo. Es importante destacar además que después de diseñado el sistema, a muchas zonas de acceso crítico pero de importancia en el Plan Turquino no se les pudo dar cobertura radioeléctrica, y por tanto hoy carecen de servicios telefónicos. En este caso se encuentran un total de once asentamientos que se relacionan a continuación (Tabla 1.2), acompañados del número de residentes de cada uno.

Tabla 1.2. Habitantes por asentamientos

El Nicho	387
Yaguanabo	312
Monforte	212
San José	126
Vega del Café	24
Río Chiquito	103
El Colorado	44
Hoyo de Padilla	173
San Narciso	137
El Jovero	168

Además se tiene el caso del poblado El Mamey que con 303 habitantes cuenta con un radioteléfono enlazado con Cienfuegos, y el poblado de La Sierrita con 2267 habitantes que cuenta con una central analógica (ATZ-64) de 160 líneas, de las cuales 152 se encuentran en servicio, comunicada vía radio con Cienfuegos. Estos dos últimos casos serán incluidos en el sistema y además se les ampliarán sus servicios.

Para tener una referencia sobre como quedo estructurado el sistema actual en la figura 1.3 se describe de modo general su diseño.

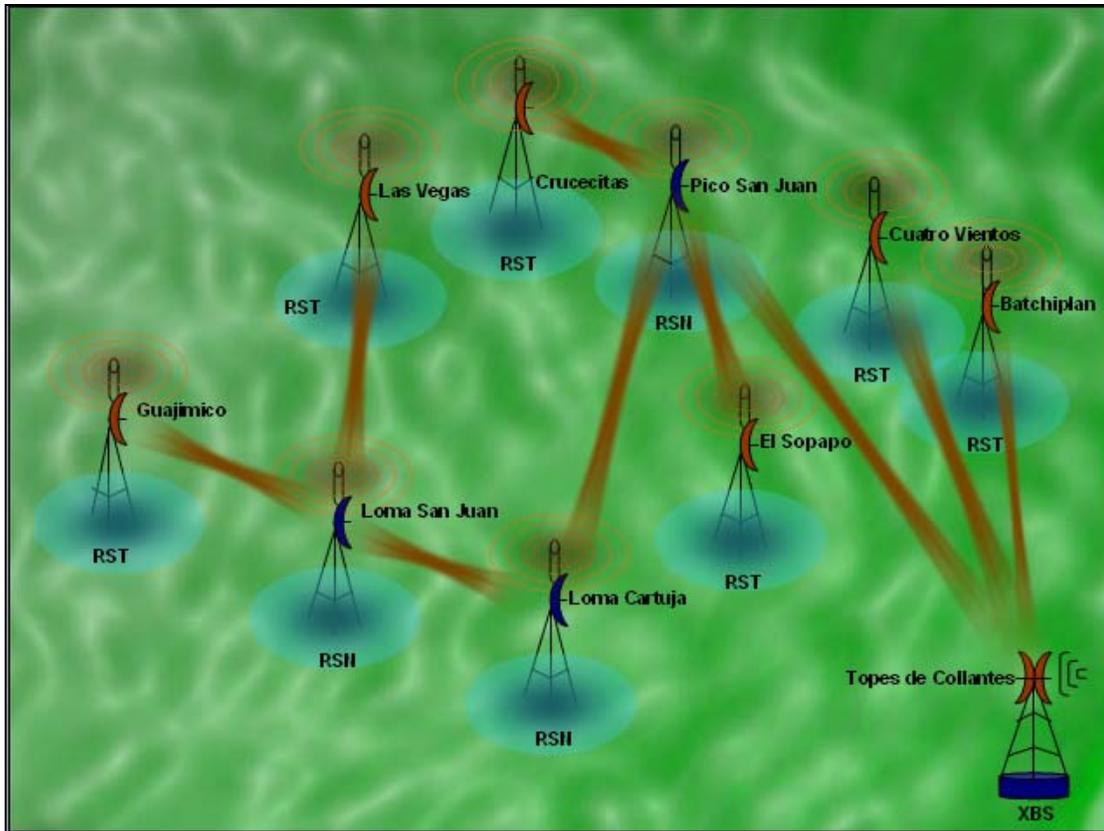


Fig. 1.3. Esquema del sistema WLL actual.

XBS: Estación Base Central

RSN: Radio Estación Nodal

RST: Radio Estación Terminal

Se observa como la XBS que se conecta vía radio con la central telefónica ubicada en Santa Clara, tiene enlace con la RSN de Pico San Juan y con las RST de Cuatro Vientos y Batchiplan; y así sucesivamente se van enlazando las demás radio estaciones y de estas a los abonados.

En aquel entonces el sistema proporcionaba servicios a un total de 158 abonados, distribuidos como indica la figura. Pero posteriormente al 8 de Julio del 2005, cuando ocurre el tránsito del huracán “Dennis” por el Escambray cienfueguero, el sistema sufre grandes afectaciones con el derribo de tres torres en tres de estas radios estaciones así como daños a los sistemas de radiación, unidades del sistema y unidades de abonado. Es

así como se encuentran disfrutando del servicio hoy en día un total de 143 abonados de los 158 iniciales.

A continuación se dará una panorámica de las principales características del sistema Alcatel A9800 R3 que asume en la actualidad el sistema telefónico del Escambray.

1.3.1 Descripción del sistema WLL Alcatel A9800 R3.

Generalidades

El sistema WLL de Alcatel A9800 R3 es un sistema radio acceso digital, diseñado para proporcionar servicios de telecomunicaciones de alta calidad desde una central telefónica a grupos de abonados distribuidos en zonas urbanas, suburbanas y escasamente pobladas. El sistema funciona como una red de distribución punto multipunto, proporcionando las prestaciones típicas de esta clase de Sistema Radio de Acceso Múltiple, tales como:

- Transmisión por radio.
- Concentración.
- Transparencia en el servicio.

La transmisión radio digital en las bandas de frecuencia de microondas, ofrece una forma optimizada de obtener una comunicación económica, prácticamente independiente de la distancia y de la topología.

Este sistema de acceso digital, punto multipunto, que emplea técnicas de acceso múltiple por división de tiempo (TDM/TDMA). La información es tratada en todo el sistema de forma enteramente digital: la información es codificada en PCM en ambos extremo, transcodificada opcionalmente en ADPCM, multiplexada en TDM, procesada digitalmente, realizándose el enlace el enlace vía radio mediante transceptores digitales que emplean modulación 4QAM. El sistema utiliza las bandas de frecuencias 1.5, 2.4, 2.6 y 3.5 [GHz]. La capacidad de este interfaz puede ser 2 ó 4 [Mbps].

CAPÍTULO #2: ESTUDIO RADIOELÉCTRICO Y DE TRÁFICO

2.1 Introducción

Toda red inalámbrica necesita ser planificada en varios sentidos, desde el punto de vista de radio y del tráfico a manejar, antes de instalar el sistema. Los requerimientos del lugar de instalación deben ser valorados para determinar que el sistema inalámbrico es capaz de operar eficientemente y proporciona cobertura sin degradación de la señal, así como tampoco de la calidad de los servicios.

La mayoría de equipos inalámbricos ofertan un amplio rango de frecuencias, debiéndose encontrar dentro del rango de frecuencias del equipo la más libre de ruido, para un óptimo desempeño. Si alguna frecuencia de la red a instalar se solapa con una de una red ya instalada, o sea ocurre interferencia, esto causará una degradación de la calidad de los servicios.

El objeto de todo estudio radioeléctrico es determinar las mejores condiciones para la instalación del equipo inalámbrico, y buscar las frecuencias de operación libre de interferencias.

2.2 Metodología para la realización de un estudio radioeléctrico

Un estudio radioeléctrico del terreno consiste de cuatro etapas:

1. **Estudio preliminar-** Analizar los enlaces basándose en un mapa topográfico (oficina).
2. **Estudio físico-** Determinar la localización de los equipos interiores y exteriores del sistema (en el sitio).
3. **Estudio de radiofrecuencias (RF)-** Usando un analizador de espectro, escanear el área de instalación para identificar las posibles interferencias de RF y así determinar los canales vacíos para la instalación (en el sitio).

4. **Obtención del permiso-** Acordar con la agencia de supervisión y control encargada de asignar las frecuencias permitidas de trabajo, el permiso para trabajar en las frecuencias acordadas en el punto tres, así como los niveles de potencia con trabajarán los equipos. Todo esto con el fin de no causar ninguna interferencia a otros operadores que puedan trabajar en este espectro.

Es importante aclarar que en el desarrollo de este trabajo solo se llevarán a cabo las dos primeras etapas, ya que en la zona donde se realiza el estudio no existen en la actualidad frecuencias que puedan interferir al nuevo sistema a instalar, o viceversa .

Ejecución del estudio preliminar

Un estudio preliminar es necesario y debe estar preparado antes de llevar a cabo la solicitud para instalación del sitio. Son muchos los detalles que se pueden necesitar a la hora de buscar los puntos necesarios para la instalación de equipos exteriores y el área comprendida entre ellos.

1. Marcar los sitios requeridos para la instalación en un mapa topográfico del área. Trazar con un lápiz una línea en el mapa, uniendo los sitios que se desean interconectar entre si.
2. Medir la distancia entre los puntos, y verifique que se encuentra dentro de los rangos admitidos por el equipo.
3. En un mapa urbano, determinar cualquier área desarrollada que se encuentre los puntos de instalación. Tener en cuenta que en estas áreas pueden existir altos edificios, torres de RF o transmisores, los cuales puede causar interferencias.
4. Comprobar el área entre los sitios para observar las posibles obstrucciones tales como:
 - Áreas de gran altura como colinas y montañas.
 - Los puntos de mayor altura topográfica entre los dos sitios.
 - Lagos o grandes embalses.

El agua produce efectos de reflexión en la señal de RF. El fenómeno de la reflexión causa que la señal recibida varíe su amplitud.

5. Si existe obstrucción entre dos sitios, proceder a calcular el despeje de la primera zona de Fresnel.

Para esta tarea se dispondrá de un mapa topográfico con curvas de nivel y con una escala de 1: 50000, o de mayor resolución; además de un software que realizará los cálculos del estudio radioeléctrico, que en el caso de ETECSA el utilizado es el “Maxwell. Cálculos integrales de Radioenlaces” (Versión para Windows del SISRE de Aarón Bembasat). La entrada de los datos para que el programa realice los cálculos se hará de la forma siguiente:

- Crea un nuevo perfil.
- Entrar las coordenadas en el sistema cónico conforme de Lambert (rectangulares) de los puntos a enlazar. Con estos datos el programa calculará la distancia entre los puntos y el acimut entre ellos.
- Entrar los pares distancia-cota de los puntos que unen a los lugares a enlazar, incluyéndolos. Estas distancias serán medidas comenzando desde el primer punto entrado en el paso anterior y siguiendo las siguientes estimaciones para determinar su valor. Además de introducir la altura del terreno se cuenta con la opción de agregar las alturas de la posible vegetación o edificaciones.

Tabla 2.1. Pasos de muestreo

Tipo de terreno	Δh [m]	Paso de muestreo [m]	Mapa topográfico escala
Llanura poco ondulada	<50	1000	1:200000
Llanura ligeramente ondulada	50	500	1:50000
Medianamente ondulado	100	200	1:50000
Muy ondulado	250	100	1:25000
Montañoso	350	50	1:25000

En la figura 2.1 se muestra la ventana correspondiente al programa donde se realizan los pasos anteriores.

Edición de Datos del Perfil

Estación A
 Nombre:
 Coordenada X:
 Coordenada Y:
 Acimut:

Estación B
 Nombre:
 Coordenada X:
 Coordenada Y:
 Acimut:

Sistema de Coordenadas
 Rectangulares
 Geográficas

Distancia (km)
 0.00

	Distancia (km)	Alt. del Terreno(m)	Altura Vegetación(m)	Altura Edificio(m)
1				
2*				

Archivado por: Fecha:

Figura 2.1. Datos del perfil.

- A continuación se le es dado al programa, en la ventana que corresponde al estudio radioeléctrico, el valor de la frecuencia (en [MHz]) a la que trabajara los equipos que establecerán el enlace.
- Es necesario además dar a conocer el tipo de antena con la que se realizará el enlace, y sus dimensiones físicas.
- Seguidamente se introduce el valor del factor de modificación del radio terrestre (k). Cuando se multiplica este factor por el radio de la tierra se crea una “Tierra ficticia”; lo que equivaldría a modificar la curvatura real de la tierra a causa de la curvatura del rayo, producto a los efectos de la propagación troposférica. Según sea el tipo de atmósfera será el valor de k :

1. Conductiva - $k < 0$
2. Subrefractiva intensa - $0 < k < 1$
3. Subrefractiva - $1 < k < 4/3$
4. Estándar - $k = 4/3$
5. Superrefractiva - $k > 4/3$
6. Conductiva - $k < 0$

La figura 2.2 presenta la ventana donde se ejecutan los tres pasos anteriores.

The image shows a software dialog box titled "Estudio radioeléctrico". It is divided into several sections for configuring a radioelectric study. The "Método" section contains four radio button options: "Altura antena en A y % Liberación", "Altura antena en B y % Liberación", "Ambas alturas de antenas", and "Visual", with "Visual" selected. Below these are input fields for "Altura de antena en A (m)" (value: 0), "Altura de antena en B (m)" (value: 0), and "Porcentaje de Liberación" (empty). The "Frecuencia (MHz)" is set to 0, and the "Coeficiente K" is set to 4/3 via a dropdown menu. The "Antenas" section has two radio button options: "Parabólica" and "Otro", with "Otro" selected. It includes input fields for "Diámetro de Antenas (m)" for "Estación A" and "Estación B" (both empty), and "Ángulo entre los puntos de media potencia del patrón de radiación:" for "Estación A" and "Estación B" (both empty). At the bottom, there are "Estudiar" and "Cancelar" buttons.

Figura 2.2. Datos de f, k, y antenas.

Posteriormente a que se haya seguido satisfactoriamente todos estos pasos, el programa le presentará gráficamente en pantalla el resultado del perfil realizado, además de estar acompañado de una plantilla con los resultados del estudio de obstáculos del perfil.

Ejecución del estudio físico

El estudio físico del sitio analiza el medio donde se requiere la instalación del equipo para asegurarse que este es físicamente adecuado para la red inalámbrica.

Nota: El estudio del sitio es desarrollado en el exterior, de manera que se analice si esta convenientemente adaptado para el clima. Por ejemplo si la instalación se realiza en la cima de una montaña, el equipo puede estar sometido a fuertes vientos.

1. Ante todo se debe cerciorar que se encuentra en el lugar escogido en el mapa al realizar el estudio previo. Para esto se recomienda utilizar puntos de referencia en el mapa, o si dispone de un GPS pues aun mejor.
2. Utilizando una brújula, buscar la dirección en la cual está el punto remoto que se desea enlazar según el acimut calculado en el estudio previo.
3. Usando los binoculares, localizar cualquier obstrucción tales como altos árboles, grandes edificios, colinas o montañas que no se hayan tenido en cuenta en el estudio preliminar. Observar además la posible existencia de otras torres de RF entre los dos sitios.

Si algún evento nuevo se ha notado marcar la localización de la obstrucción en el mapa y proceda a realizar nuevamente el despeje de la primera zona de Fresnel.

4. Determinar la localización de su equipo exterior. Este debe estar por encima de cualquier obstrucción, considerando además la primera zona de Fresnel
5. Si se necesita instalar el equipo externo en una torre, asegurarse de que se encuentre lo suficientemente lejos de las líneas de alta tensión, para así evitar posibles cortos circuitos.
6. Determinar la localización del equipo interior; este debe estar lo más próximo al equipo exterior. Si ya existiese una instalación tecnológica en el sitio, entonces debe tenerse en cuenta la ubicación de equipos anteriores y de vías de cable para adecuarnos al orden existente.

Nota: Se debe además tener en cuenta la longitud máxima de cable admitida por el equipo.

7. Determinar las conexiones de tierra de la instalación.

8. Medir, usando un telurómetro, la resistencia de tierra existe y verifique que sea menor que la requerida por el equipo.

Posterior a la realización de los pasos anteriores para cada uno de los enlaces, ya que se cuenta con los resultados pertinentes, se puede evaluar si los sitios son aptos para la instalación. En el caso de que un sitio no abarque algunos de los requisitos se debe optar por buscar otro.

2.3 Estudios de los enlaces para el nuevo sistema

Con posterioridad a haber analizado cada uno de los pasos del estudio preliminar y el físico, se ejecutaron los mismos con los perfiles a fines con la proyección del nuevo sistema. Esto dio como conclusión que no toda el área que se deseaba cubrir para el nuevo servicio telefónico se pudo completar. Lo cual es perfectamente entendible dada la irregularidad del terreno estudiado.

Los detalles de los enlaces se incluyen en el anexo 1 pero a continuación se presenta un ejemplo de estos, el cual se realizó desde el Pico San Juan a Loma Cartuja con el fin de transportar 4 E1. La metodología seguida es la ya explicada en el estudio preliminar del epígrafe anterior. Los primeros cuatro pasos se realizaron sin problemas, pero dado el gran número de montañas que se encuentran entre los puntos se decidió analizar el despeje de la primera zona de Fresner, y por lo tanto se realizó el paso número cinco donde se utiliza el programa Maxwell.

Primeramente se presenta en la figura 2.3 la ventana que corresponde a la entrada de las coordenadas rectangulares y los pares distancia-cota.

Edición de Datos del Perfil

Estación A Nombre: <input type="text" value="Loma Cartuja"/> Coordenada X: <input type="text" value="581.35"/> Coordenada Y: <input type="text" value="229.4"/> Acimut: <input type="text" value="30.89"/>		Estación B Nombre: <input type="text" value="PicoSanjuan"/> Coordenada X: <input type="text" value="588.05"/> Coordenada Y: <input type="text" value="240.6"/> Acimut: <input type="text" value="210.89"/>		Sistema de Coordenadas <input checked="" type="radio"/> Rectangulares <input type="radio"/> Geográficas	
Distancia (km): <input type="text" value="13.05"/> <input type="button" value="Calcular"/>					
Área de visualización del perfil (vacía).					
	Distancia (km)	Alt. del Terreno(m)	Altura Vegetación(m)	Altura Edificio(m)	
1	0.00	336.00	0.00	0.00	
2	0.50	300.00	0.00	0.00	
3	1.00	190.00	0.00	0.00	
4	1.50	140.00	0.00	0.00	
5	2.00	115.00	0.00	0.00	
6	2.50	120.00	0.00	0.00	
7	3.00	140.00	0.00	0.00	
8	3.50	260.00	0.00	0.00	
9	3.75	305.00	0.00	0.00	
10	4.00	300.00	0.00	0.00	

Archivado por: Fecha:

Figura 2.3. Datos del perfil Pico San Juan – Loma Cartuja.

A continuación en la ventana que se refiere al estudio radioeléctrico se introduce el dato referido a la frecuencia de trabajo del enlace, que para estos tipo de equipos son alrededor de 5800 [MHz]. Seguidamente definimos el valor del coeficiente k para la curvatura de la tierra, tomando en este caso 4/3 que corresponde a una atmósfera estándar. Por último escogemos el método visual y el tipo de antena parabólica con un metro de diámetro. En la figura 2.4 se muestra la ventana correspondiente al programa donde se muestran los datos ya explicados.



Figura 2.4. Datos de f , k , y antenas para perfil Pico San Juan – Loma Cartuja.

Se escoge el estudio visual teniendo en cuenta la posibilidad de manualmente poder variar la altura de ambas antenas, y así en un solo estudio se pueden comparar varias posibilidades. Seguidamente el programa presenta en pantalla el gráfico bidimensional del perfil, figura 2.5, donde se pueden variar las alturas de las antenas y el coeficiente k .

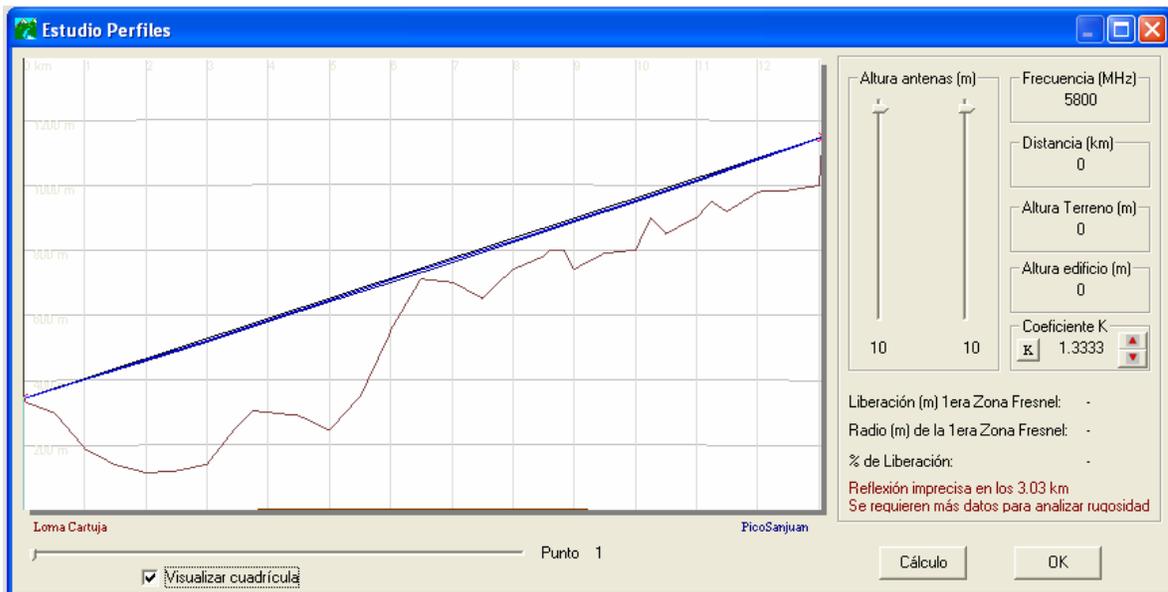


Figura 2.5. Gráfico del perfil Pico San Juan – Loma Cartuja.

Los resultados finales del estudio del perfil el programa lo muestra en forma de plantilla en formato *.rft donde se muestran los resultados de los cálculos realizados en función a las alturas de las antenas finalmente escogidas.

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: PSJ-LCTJ. PER

Distancia: **13.050 km**

Frecuencia: **5800 MHz**

K: **1.333**

	<u>Loma Cartuja</u>	<u>Pico San Juan</u>
Alturas de antenas (m):	10.00	10.00
Diámetro de Antenas (m):	1.00	1.00
Altura del terreno (m):	336.00	1140.00
Inclinación de Antena (°):*	3.486	-3.574

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

Ref. Atenuación de espacio libre: 130.021 dB

Atenuación Total de Propagación: 130.021 dB

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	0.50	76.44	4.99	1532.66
3	1.00	216.90	6.91	3138.52
4	1.50	297.39	8.29	3588.85
5	2.00	352.92	9.36	3770.83
6	2.50	378.47	10.22	3701.65
7	3.00	389.05	10.93	3558.97
8	3.50	299.67	11.51	2603.52
9	3.75	269.98	11.76	2296.35
10	4.00	290.31	11.98	2423.61
11	4.50	330.98	12.35	2680.21
12	5.00	406.68	12.63	3219.78
13	5.50	332.41	12.83	2591.05
14	6.00	163.17	12.95	1260.15
15	6.50	33.96	12.99	261.39
16	7.00	74.77	12.96	577.14
17	7.50	155.62	12.84	1211.57
18	8.00	96.50	12.65	762.57
19	8.50	87.40	12.38	705.94
20	8.60	73.59	12.32	597.50
21	8.85	89.05	12.14	733.70
22	9.00	158.34	12.02	1317.34
23	9.50	139.30	11.56	1204.88
24	10.00	160.30	10.99	1457.93
25	10.25	75.81	10.67	710.76
26	10.50	141.32	10.30	1371.84
27	11.00	122.37	9.45	1294.43
28	11.25	87.91	8.96	981.28
29	11.50	133.46	8.41	1587.76
30	12.00	104.57	7.07	1479.71
31	12.50	130.71	5.22	2503.99
32	13.00	146.88	1.61	9150.98

Es importante conocer que se han eliminado varios de los antiguos enlaces gracias a que paralelamente a este proyecto el Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias y la empresa ETECSA realizarán una ampliación de la fibra óptica nacional hacia esta zona montañosa con beneficio para ambas partes.

El estudio de los enlaces se dividió en dos grandes grupos, los que forman parte del sistema actual y están probados prácticamente, y los que se desean que integren el nuevo sistema. Dentro del estudio del primer grupo se analizaron en primer lugar aquellos que mutarán hacia el nuevo sistema de fibra óptica, que aunque este sea otro proyecto, sí incluye el nuestro y lo beneficia, y por otro lado aquellos que seguirán enlazándose vía radio pero con un cambio de equipamiento.

2.3.1 Enlaces con fibra óptica

Los enlaces que a continuación se muestran, que actualmente funcionan vía radio y pertenecen al sistema WLL, formarán parte de la extensión del “Back-Bone” de la fibra óptica nacional. Este proyecto creará un anillo de fibra enterrada a través del Escambray, que para el caso de nuestros enlaces, abaratará el precio del equipamiento, aumentará la fiabilidad de los mismos y mejorará la calidad de los servicios.

Los lugares beneficiados por estos enlaces son:

- Pico San Juan.
- El Sopapo.
- Cuatro Vientos.

Estos enlaces por fibra óptica posibilitarán un aumento de tráfico hacia esta región, lo que permite que aumenten la cantidad de abonados que se conectarán a la red, la existencia de servicios de valor agregado y la mejora de la calidad de los servicios. Es por eso que se dio a la tarea de, además de estudiar nuevamente los perfiles ya probados y que funcionan en el sistema actual, experimentar nuevos perfiles, con el fin de dar cobertura a las localidades que se desean incluir en el sistema. Primeramente se realizaron los perfiles desde las localidades sin servicio hacia las radioestaciones ya existentes, con el fin de aprovechar la

infraestructura ya creada y evitar al máximo la creación de nuevas torres y locales para el equipamiento. Seguidamente para aquellos lugares donde no llegaba la cobertura del sistema se buscaron puntos estratégicos que asumieran el enlace con el mayor número de futuros abonados posible; además de que se encontraran, al menos, próximos a un camino o sendero, y de ser posible cerca de una línea eléctrica.

Por lo tanto como expresa la figura 2.6 quedó estructurado el primer tramo del proyecto para fibra del sistema telefónico para el Escambray cienfueguero.

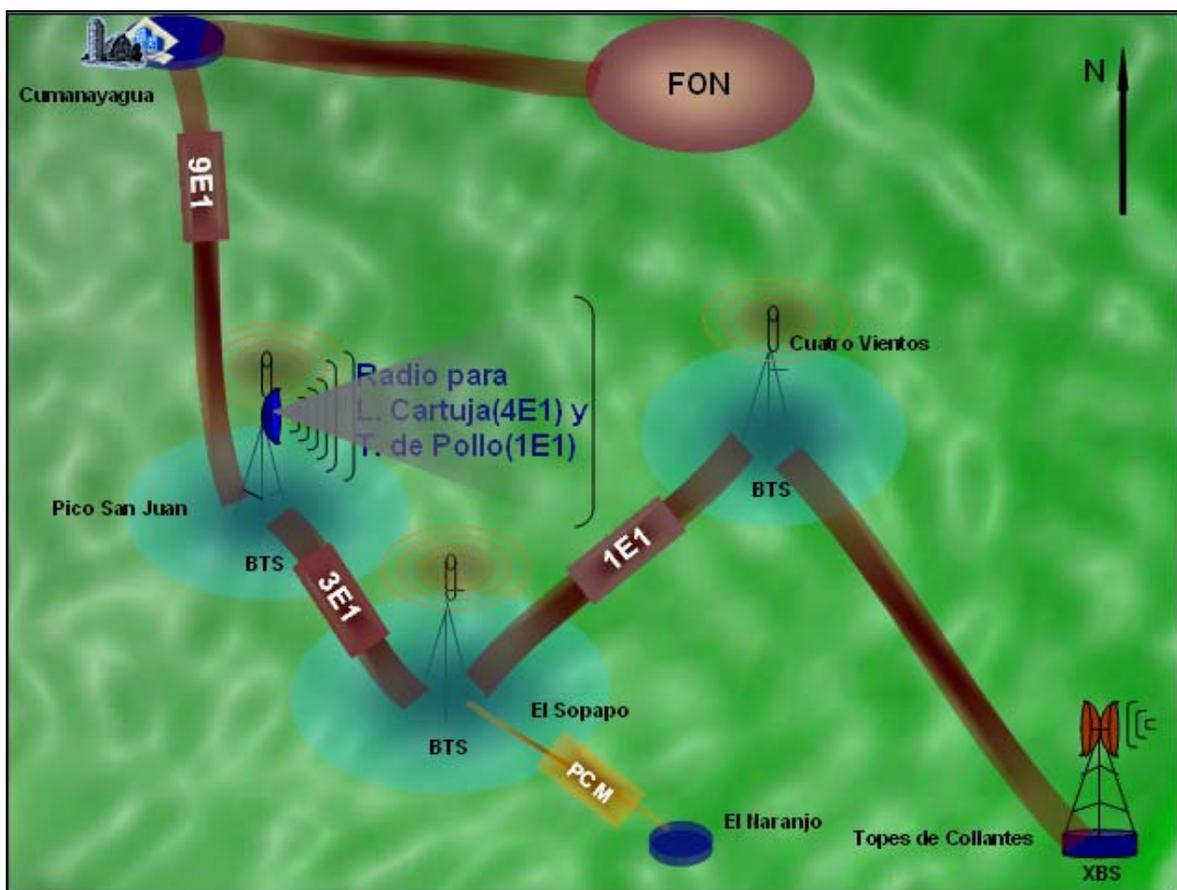


Figura 2.6. Proyecto de fibra óptica del futuro sistema.

Observe en la figura 2.6 que el enlace surgirá desde el municipio de Cumanayagua, enlazado en la actualidad con la capital provincial por fibra óptica y a continuación se encontrarán una serie de enlaces en cascada tanto de fibra como de radio que cubrirán todo el territorio. Es así como de toda la fibra destinada al Escambray se tomará un par de esta

para la implementación del nuevo sistema que resolverá la telefonía rural de Escambray cienfueguero. Este par de fibra transportará un total de nueve **E1** (18432 [Kbps]), ocho de los cuales cubrirá todo el tráfico necesario en cada BTS (*Base Terminal Station*) del nuevo sistema inalámbrico, y el restante se destinará al PCM (Modulador por Codificación de Pulsos) que conectará el poblado de El Naranjo a la fibra en El Sopapo y de ahí a la URA (Unidad Remota de Abonados) de Cumanayagua. Es necesario aclarar que se tomó esta opción para El Naranjo dado que este lugar no presenta posibilidad de comunicación con ningunos de los puntos donde se planea colocar una BTS, y no se dejó fuera de la red telefónica dada la importancia que tiene esta localidad en el Plan Turquino, además esta comunidad ya cuenta con ocho servicios cableados de la RST del Sopapo los cuales sería imposible mantener funcionando con un sistema GSM. Cada BTS del nuevo sistema se ocupa de la llamada “última milla” pues es la encargada de conectar de una forma inalámbrica, a través de su sección de radio, los abonados a la red telefónica.

Con ocho flujos de treinta canales cada uno, dedicados a voz, con un grado de servicio de 0,1%, obtenemos que puede circular un tráfico total de 202.4 [Erlang], resultado este obtenido gracias a la calculadora Erlang B. La empresa ETECSA ha decidido destinar un tráfico de 0.1 [Erlang] por cada abonado, lo que posibilitará instalar aproximadamente 2024 teléfonos en esta región, contra 158 que presenta el sistema actual.

A continuación se describirá como se distribuyeron los enlaces y el tráfico de estos partiendo desde Cumanayagua hacia todo el Escambray de Cienfuegos.

Cumanayagua - Pico San Juan

El primer punto donde la fibra hará escala después de recorrer aproximadamente 27 [km] desde Cumanayagua es el Pico San Juan; en este lugar se colocará un mini ADM PDH (Multiplexor Sumador Extractor de Jerarquía Digital Plesiócrona) con la función de conectar la BTS que dará servicio a los abonados en ese lugar, y los equipos de radioenlaces PDH de baja capacidad para los enlaces con Loma Cartuja y Topes de Pollo. Con respecto al tráfico que se distribuirá en este punto se tiene que un **E1** se destinará para la misma BTS del lugar, otro **E1** será para el enlace vía radio con Topes de Pollo, mientras que cuatro **E1** se utilizarán para el radioenlace con Loma Cartuja, y por último los restantes tres **E1**

seguirán por la fibra destino Sopapo. Con el tráfico destinado al Pico San Juan se tiene la posibilidad de instalar un aproximado de 166 teléfonos para el grado de servicio y tráfico por abonado ya acordado, 158 más de los que actualmente existen.

Pico San Juan - El Sopapo

Llegada la fibra a El Sopapo, a través de 9 [km] desde el Pico San Juan, se coloca un mini ADM PDH con el propósito de extraer dos flujos **E1** de los tres que aquí llegan. Uno de estos flujos de 2048 [Kbps] se destinará para la BTS local que dará servicio al poblado y sus alrededores y otro se utilizará para el PCM (Modulación por Pulsos Codificados) que conectará el asentamiento de El Naranjo a la red de telefonía. Para el caso del PCM solo existe la posibilidad de conectar un abonado por canal, por tanto serán 30 teléfonos los que quedarán conectados a la red telefónica. Al igual que en el Pico San Juan, en el Sopapo se tiene la posibilidad de prestar servicio a 166 abonados; una gran mejoría si se compara con los 33 existente en el sistema actual.

El Sopapo - Cuatro Vientos

Posteriormente la fibra seguirá su curso hacia el poblado de Cuatro Vientos donde el flujo **E1** destinado a este lugar conectará la BTS al nuevo sistema y podrá dar servicio a los ya calculados 166 suscriptores, un gran progreso con respecto a los 54 existentes . En este lugar finalizarán los enlaces por fibra óptica que se destinarán para la telefonía de tipo rural del Escambray cienfueguero, quedando por lo tanto los demás enlaces por vía radio y así completar la cobertura requerida.

2.3.2 Enlaces inalámbricos

A continuación se expondrán todos aquellos enlaces que la fibra óptica no pudo cubrir y que son necesarios establecer para completar toda el área deseada. Por ser extremadamente difícil el acceso entre estas localidades dada la irregularidad del terreno donde se encuentran, se decidió crear los enlaces con equipos inalámbricos que evitarán la utilización de líneas telefónicas tan poco seguras en esta región. En la figura 2.7 se muestra el esquema de estos enlaces.

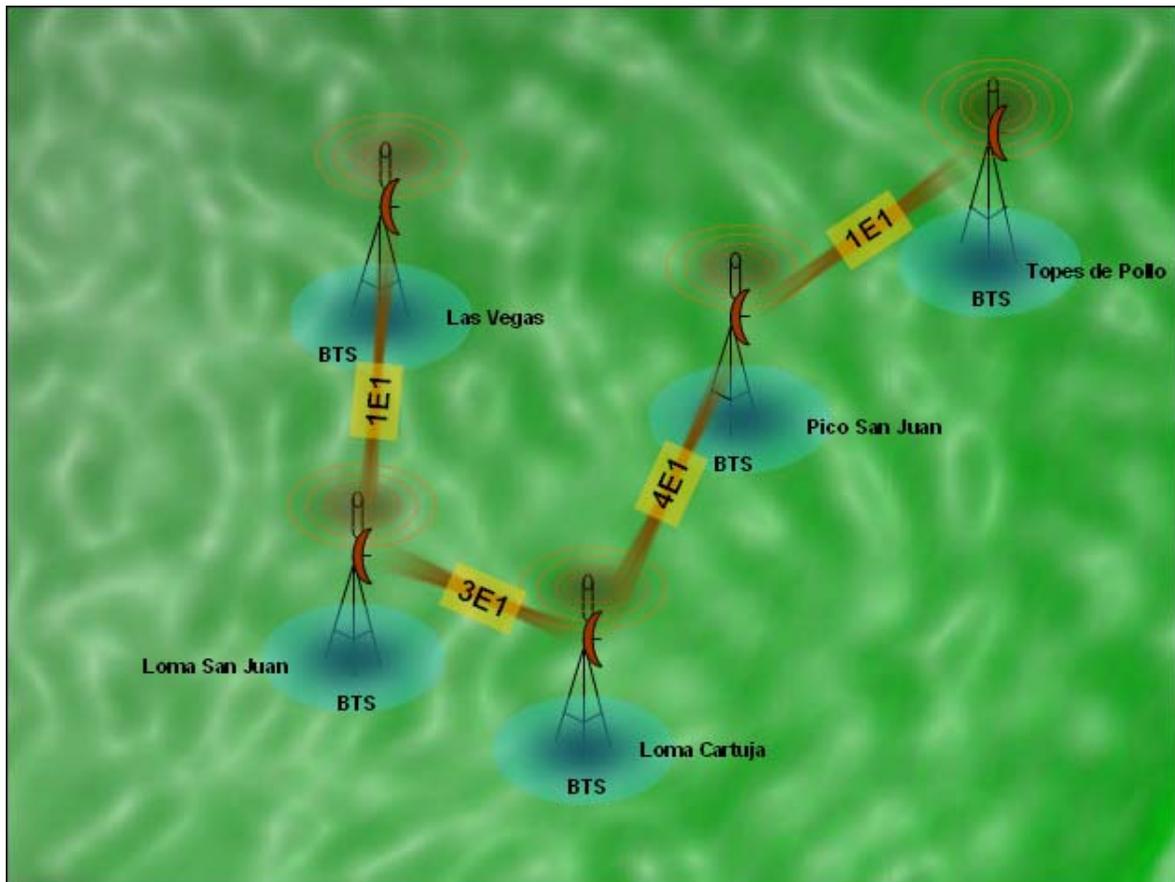


Figura 2.7. Proyecto de radio del futuro sistema.

Pico San Juan - Loma Cartuja

Los detalles del enlace ya fueron explicados en el ejemplo del inicio de este epígrafe. Solo agregar que con el flujo **E1** de los cuatro que se transportará el enlace, y que se destinará a Loma Cartuja, habrá un aumento de 140 abonados por encima de los 26 que hoy disfrutan de servicio telefónico de la RSN del sistema WLL. Además se dio a la tarea de verificar la posibilidad de incluir en el nuevo sistema a los poblados de San José y Yaguanabo que no poseen servicio telefónico. Cuando se realizaron los estudios de los perfiles para estos poblados, cuyos datos se encuentran en el anexo 1 se tomó un punto ejemplo en el centro de cada uno a fin de verificar que desde esos lugares pueda haber comunicación con la BTS de Loma Cartuja.

Pico San Juan – Topes de Pollo

El enlace desde el Pico San Juan hacia Topes de Pollo es totalmente novedoso, pues a diferencia de los demás, este no existe en el sistema actual WLL. Este lugar se escogió de manera que se pudiera cubrir los asentamientos de Crucecitas, El Mamey y El Nicho. Para el caso de Crucecitas, que hoy cuenta con ocho abonados, y para El Mamey que solo presenta un radioteléfono enlazado con Cienfuegos, pues el número de abonados aumentará; mientras que para el caso de El Nicho que no posee ningún servicio telefónico, llegará por vez primera la telefonía, todo esto hasta el límite de 166 abonados que el flujo **E1** posibilita. Las características del estudio de estos perfiles se encuentran en el anexo 1, aclarándose que con respecto a los tres poblados, los estudios se realizaron con puntos intermedios de la población a modo de ejemplificar la posible conexión de sus habitantes con la BTS de Topes de Pollo.

Loma Cartuja – Loma San Juan

Por este enlace viajarán tres flujos **E1**, de los cuales se destinará uno para la BTS de Loma San Juan. Al igual que en las demás BTS, aquí se tendrá la posibilidad de conectar 166 abonados, aumentando en gran medida los 26 actuales. Los detalles de estos enlaces se encuentran en el anexo 1. Se debe señalar que de esta radiobase en Loma San Juan se tomarán los actuales abonados de Guajimico que actualmente tiene una RST (Radio Estación Terminal) con 16 Abonados cableados.

Loma San Juan – Loma Las Vegas

El último enlace de todo el sistema, por la parte de radio, llevará dos flujos **E1** hasta Loma Las Vegas, pudiéndose conectar hasta 407 abonados manteniendo el tráfico de 0.1 [Erlang] por abonado y el grado de servicio de 0.1%. Se decidió dedicar dos flujos a esta BTS pues el poblado de La Sierrita, con 2267 residentes, que hoy en día cuenta con un enlace analógico de veinticuatro canales con la central de Cienfuegos, pasará a ser parte del tráfico que asumirá la BTS de Loma Las Vegas, actualmente en La Sierrita existe una central telefónica analógica ATZ-64 de 160 líneas de las cuales 152 se encuentran en servicio. Además se planea incorporar el poblado de Monforte y mantener los actuales abonados del sistema

WLL. En el anexo 1 se detalla el perfil de un punto medio entre La Sierrita y Monforte, que sirve de ejemplo para estos poblados, hacia la BTS de Loma Las Vegas; al igual que se puntualiza el enlace Loma San Juan – Loma Las Vegas.

CAPÍTULO #3: SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y EQUIPAMIENTO

3.1 Introducción

En el presente capítulo se dará paso en primer lugar a la selección de la tecnología, dentro de las abordadas en el capítulo uno, que pondrá en funcionamiento la sección abonado-BTS del sistema diseñado en el capítulo dos; a continuación se escogerá el equipo que se encargará de poner en marcha esta tecnología, así como los niveles de potencia que debe manejar cada estación. A continuación se abordará sobre los equipos que se encargarán del transporte de los flujos **E1** tanto por fibra como por radio y a continuación se harán nuevamente los estudios de los perfiles de radio y enlaces de fibra, pero con las características específicas del equipo elegido, con el propósito de que los niveles de potencia se encuentren dentro de los rangos permitidos.

3.1 Selección de la tecnología

Escoger una tecnología con la que se desea operar un sistema es una tarea que necesita el análisis de varios factores. Se debe estudiar si esta verdaderamente resolverá el problema planteado, así como el nivel de normalización, validación y estandarización de la misma. Es importante además informarse del prestigio con que cuenta esa tecnología en el mercado, con el fin de tener una aceptada referencia de la seguridad de la misma. Por otro lado se debe tener en cuenta cuán evolutiva puede ser esa tecnología, para así evitar escoger una que se vuelva obsoleta en un corto tiempo. Por último, asegurarse que la tecnología no va a estar subutilizada, o sea que todos sus componentes se utilizarán al máximo posible, y por tanto no se gastarán recursos en vano.

Después de haber analizado las variantes tecnológicas para la puesta en marcha del nuevo sistema de telefonía rural para el Escambray cienfueguero, se descartó en primer lugar la opción de la telefonía satelital. Esta tecnología a pesar de dejar prácticamente nula las zonas de posible silencio radioeléctrico que puedan quedar utilizando otras variantes, representa un alto costo para este sistema, pues se ve encarecido por el contrato de algún satélite de una firma extranjera.

La variante que continúa es la tecnología WiMax que goza de una gran aceptación y reputación en el mercado de las telecomunicaciones actual. Esta opción es muy eficiente y puede solucionar los problemas de telefonía rural que se presenten, pero existe el inconveniente de que estará grandemente subutilizado en este sistema en particular, ya que WiMax está concebida para transmisión de voz y datos; y como en esta región no se espera que se genere un gran tráfico de datos, pues se derrocharán recursos en ciertas prestaciones de la tecnología que no se aprovecharán.

La siguiente variante es la tecnología sobre la que está montado el sistema actual del Escambray, el WLL. Hoy la empresa ETECSA cuenta con la experiencia de tener instalados varios de estos sistemas en territorio nacional, y que han demostrado solucionar las necesidades de telefonía rural. Pero esta tecnología tiene un futuro algo incierto, pues otras opciones de su mismo campo tienden a desplazarlas y dejarla obsoleta; un ejemplo de esto es el hecho de la firma Alcatel no producirá en lo adelante el sistema WLL A9800 R3, funcionando en el Escambray actualmente. Esto demuestra que el progreso de esta tecnología es dudoso y por tanto no se debe considerar para la puesta en marcha del futuro sistema.

La última opción a analizar es la tecnología GSM, sobre la cual se han montado varios sistemas en el país por parte de ETECSA con el propósito de dar solución a la creciente demanda de telefonía celular, por tanto se cuenta hoy en día con sólidos conocimientos sobre estos sistemas. Su desarrollo a nivel mundial ha hecho posible que el número de sus usuarios sobrepase al de otras normas de telefonía celular como TDMA y CDMA, lo que da a saber que es altamente segura y confiable. La arquitectura GSM constituye actualmente un sistema de red celular grandemente consolidado que es seleccionado como primera opción por los nuevos operadores que se inician en el negocio de las comunicaciones móviles a nivel mundial. Esta tecnología garantiza, además, un camino evolutivo seguro de la red, que evita convertirse en arcaica; ejemplo de esto es que dicha tecnología ya cuenta con su tercera generación desde que fue establecida como norma mundial en 1991.

Por tanto queda seleccionada la tecnología GSM como la candidata más segura y factible para crear y desarrollar la sección desde el abonado hasta la estación BTS del próximo sistema de telefonía rural del Escambray cienfueguero.

3.2 Selección del equipamiento para la tecnología GSM

Para escoger el equipo de tecnología GSM con el que se desea instalar el sistema de telefonía rural, se revisaron las propuestas de equipamiento de firmas que mantienen contratos de negocios con la empresa ETECSA. Para esto se hizo una revisión de las páginas en Internet de las firmas: Ericsson, Alcatel, Huawei, SR Telecom y Alvarion. Después de vistas las opciones de equipamiento para GSM que presentan estas firmas, se escogió aquella que más se adapta a las condiciones que se someterán estos equipos, como son alta humedad relativa, prolongada exposición al sol, al polvo y a altas temperaturas, y fallos prolongados de fluido eléctrico. Siendo el sistema Alcatel Evolium 9100 CBO el candidato óptimo para exponerse a estas condiciones (ver características técnicas del equipo, mostrada a continuación), obsérvese además de que presenta facilidades en su gabinete de acoplar equipos para enlaces de transmisión que permite ahorrar espacio en el montaje, opción no encontrada en las demás variantes. Sumémosles además la fiabilidad y seguridad de negocios que cuenta esta firma con la empresa ETECSA.

3.2.1 Características técnicas

El sistema Alcatel Evolium 9100 CBO es una estación base exterior compacta diseñado para una penetración móvil en áreas de baja densidad. Un gabinete de mediana capacidad comprende hasta seis TRXs (Transceptores), donde cada TRX maneja siete canales de voz y uno de control. El Alcatel Evolium 9100 CBO es fácilmente instalable en cualquier lugar, y oferta el mejor rendimiento de radio para su clase. A continuación se presentan las principales características técnicas:

Bandas de Frecuencia

- 850 [MHz]
- 900 [MHz]
- 1800 [MHz]
- 1900 [MHz]

Capacidad

- Hasta 6 TRXs por gabinete – hasta 3 sectores
- Hasta 15 TRXs en configuración de cascada

Rendimiento de RF

- Potencia media hasta 45 [W]
- Alta potencia hasta 60 [W]
- Muy alta potencia usando diversidad de transmisión hasta 175 [W]
- Sensibilidad: -124 [dBm]
- Soporta diversidad de cuatro receptores
- Soporte de células extendidas

Dimensiones

- Alto: 900 [mm]
- Ancho: 720 [mm]
- Profundidad: 700 [mm]

Peso

- <150 [kg]; configuración 3x2

Temperatura de Operación

- -33 [°C] hasta +55 [°C]

Enlaces de transmisión

- 3 unidades de 19 pulgadas, habilitada para cualquier unidad opcional (como unidad interior de microondas, modem VSAT para satélites y compresores **E1**)

Condiciones Ambientales

- Exposición directa a las radiaciones solares
- Humedad relativa hasta del 100%
- Arena/polvo hasta 300 [mg/m³]
- Terremoto: hasta 7 en la escala de Richter

Fuente de Voltaje

- AC 230 [V] integrado, con una pequeña unidad de batería para seguridad; o conexión externa DC de -48 [V] (como panel solar).

Para la elección de los demás elementos que conformarán el sistema GSM no se realizó un estudio de mercado, pues ya la filial de ETECSA de Cienfuegos tiene en su poder estos equipos que se han utilizado en otros proyectos, y que resultaron ser la mejor opción costo-beneficio en análisis anteriores. Es así como se toma para la antena de cada BTS la Katherin sectorial de 120°, siendo necesario tres de ella para lograr la omnidireccionalidad. Estas antenas cuentan con una ganancia de 15 [dBi]. Por otro lado se tiene que para los abonados se dispondrá de los teléfonos Ericsson F220m con una potencia de salida de 2 [W], sensibilidad de -104 [dBm], con una ganancia de su antena receptora (incluida) de 2.15 [dBi] y con la posibilidad de trabajar en las banda de 900, 1800 y 1900 [MHz].

3.2.2 Cálculo del nivel potencia para la estación Alcatel Evolium 9100 CBO

A pesar de que este sistema maneja niveles de potencia de hasta 175 [W], no se pretende que trabaje con tan altos valores, con el propósito de evitar innecesarios solapamientos entre estaciones, derroche de energía o posibles interferencias en otros sistemas de radio. Haciendo un estudio en el mapa se observó que ningún posible abonado se encuentra a más de 15 [km] del lugar de la BTS con mayor proximidad, por cuanto se consideró este como el radio de la mayor zona de cobertura para cada estación. Si además se toman las ganancias de las antenas en la BTS y en el teléfono, así como la sensibilidad de este, se puede calcular, mediante la ecuación 3.1, cual debería ser la potencia con que se debe transmitir para evitar lo antes explicados.

Datos:

$$F = 900 \text{ [MHz]}$$

$$d = 12 \text{ [km]}$$

$$G_t = 15 \text{ [dBi]}$$

$$G_r = 2.15 \text{ [dBi]}$$

$$P_r = -64 \text{ [dBm]};$$

(Se toma 40 [dBm] por encima de -104 [dBm] como margen de seguridad debido a posibles desvanecimientos de la señal)

$$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{900 \cdot 10^6} = 0.33 \text{ [m]}$$

$$L_b = \left(\frac{4\pi \cdot d}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi \cdot 15000}{0.33} \right)^2 = 3.26 \cdot 10^{11}$$

$$L_b \text{ [dB]} = 10 \log (3.26 \cdot 10^{11}) = 115.14 \text{ [dB]}$$

$$P_t = P_r - G_t + L_b - G_r \tag{3.1}$$

$$P_t = -64 \text{ [dBm]} - 15 \text{ [dBi]} + 115.14 \text{ [dB]} - 2.15 \text{ [dBi]} = 33.99 \text{ [dBm]}$$

$$P_t \text{ [W]} = 2.5 \text{ [W]}$$

De esta manera queda concluido que cada estación deberá transmitir con una potencia de 2.5 [W] para lograr una adecuada comunicación con sus abonados y no interferir en otros sistemas.

3.3 Equipos para el transporte de los flujos E1 por vía radio

Para el transporte por vía radio de los flujos **E1** se encargarán equipos para los cuales la empresa ETECSA ya tiene contrato con la firma israelita RAD, y que han sido probados y aplicados en otros sistemas, cumpliendo eficientemente su propósito. Es el caso del AirMux-200 el cual es un multiplexor de banda ancha, de alta capacidad, que conecta punto a punto redes **E1/T1** y Ethernet sobre un enlace inalámbrico. El Airmux-200, opera en las bandas de 5.7, 5.4, 5.2 o 2.4 [GHz]. Este equipo soporta un ancho de banda de hasta 48 [Mbps], produciendo un rendimiento en full dúplex de hasta 18 [Mbps] para tráfico de

usuario. Esto significa que el usuario puede transportar hasta cuatro circuitos E1/T1 y disponer aún de un amplio remanente de ancho de banda para tráfico Ethernet 10/100BaseT. Al ser combinado con las soluciones IPmux de RAD, el AirMux-200 puede ser escalado para soportar siete circuitos E1 u ocho circuitos T1, más Ethernet. A continuación se muestran en la figura 3.1 la imagen del equipo con su antena integrada, y con más detalles, algunas de sus principales características.



Figura 3.1. AirMux-200.

- **Radio**

Frecuencia:

5.725 – 5.850 [GHz]

5.470 – 5.725 [GHz]

5.250 – 5.350 [GHz]

2.400 – 2.4835 [GHz]

Velocidad de datos:

Hasta 48 [Mbps], configurable por el usuario

Ancho de banda del canal:

20 [MHz]

Técnica de dúplex:

TDD (*Time Division Duplex*)

Modulación:

OFDM - BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM

Potencia de transmisión (Tx):

Seleccionable en niveles de 1 [dBm], hasta el máximo de potencia
(Ver tabla siguiente)

Encriptación: AES 128

Tabla 3.1. Niveles de potencia

Frecuencia	Máxima Potencia de Transmisión
5.725-5.850 [GHz]	17 [dBm]
5.470-5.725 [GHz]	17 [dBm]
5.250-5.350 [GHz]	8 [dBm]
2.40-2.4835 [GHz]	11 [dBm]

- **Antena**

La antena integrada es estándar y las externas, de alta ganancia, se ofrecen como opcional).

Ganancia a 5,7, 5,4 y 5,2 [GHz]:

- Integrada: 22 [dBi]
- Externa: 28 [dBi]
- Externa : 32 [dBi]

Ganancia a 2,4 [GHz]:

- Integrada: 17 [dBi]
- Externa: 24 [dBi]

3.3.1 Simulación del Airmux-200 en el programa Maxwell

Los enlaces de Airmux-200 para los saltos Pico San Juan-Loma Cartuja-Loma San Juan-Loma Las Vegas y Pico San Juan-Topes de Pollo fueron simulados con el programa para radioenlaces Maxwell, para lo cual se creó una versión virtual de este equipo en el programa. Inmediatamente a que se le es entrado las características del enlace y del equipo que asumirá la conexión, el programa genera una plantilla con los datos entrados y los resultados obtenidos de la simulación. Las plantillas fueron incluidas en el anexo 2, pero a continuación se muestra los resultados, tal como son presentados por el programa, del primero de los enlaces y un comentario al respecto:

19/06/2006

ETECSA

Gerencia de Proyectos

Resultados del Cálculo del Salto No: 1

El cálculo se realizará con norma internacional.

Estaciones: Pico San Juan - Loma Cartuja

Distancia del Salto: 13.05 [km]

Frecuencia: 5787.50 [MHz]

Equipo Utilizado: Airmux-200

Potencia de Salida del Transmisor: 16.00 [dBm] *(Sin amplificador opcional)*

Ganancia de la Antena Transmisora: 32.00 [dBi]

Ganancia de la Antena Receptora: 32.00 [dBi]

Atenuación de las líneas de Transmisión:

	Estación A	Estación B
Atenuación (dB/m)	0.07	0.07
Longitud (m)	1	1
Atenuación (dB)	0.07	0.07
Longitud TOTAL:	2.00 [m]	
Atenuación TOTAL:	0.14 [dB]	

Atenuación Total de Propagación 130.00 [dB]

Potencia de recepción al 50% del tiempo -52.14 [dBm]

Umbral del receptor para BER 10^{-3} -74.00 [dBm]

Margen Plano sobre el umbral para BER 10^{-3} 21.86 [dB]

MARGEN DE DESVANECIMIENTO:

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Plano:	21.86	18.86 dB

PORCIENTO FUERA DE CALIDAD

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Total	5.288378E-03	.0105517

PROBABILIDAD FUERA DE CALIDAD TOTAL (%)

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
	5.288378E-03	.0105517

Copyright Maxwell 2004

La plantilla muestra inicialmente los datos primarios del enlace objeto de análisis, como son la distancia entre las estaciones, la frecuencia de trabajo, la potencia de transmisión y la ganancia de las antenas, todos estos datos son del equipo escogido para el estudio. A continuación se da la atenuación de las líneas de transmisión entre el equipo y la antena, es menester aclarar que el equipo se compone de una unidad interior (*indoor*) y una unidad exterior (*outdoor*); en la unidad exterior se encuentran el transmisor y el receptor del equipo y normalmente se coloca junto a la antena por lo que las pérdidas en líneas de transmisión prácticamente se pueden despreciar. En este caso se considera un largo de línea de un metro que para este equipo es suficiente.

En la siguiente sección se muestra primeramente la atenuación total de propagación (que el programa solicita sea dato a introducir si difiere de la atenuación de espacio libre, y como ETECSA tiene como norma de trabajo que en todos los enlaces que se estudien por encima de los 2 [GHz] se obtenga la liberación del 100% de la 1ra zona de Fresnel, pues siempre coincidirán ambas atenuaciones), y a continuación la potencia de recepción calculada para el enlace y el margen sobre el umbral. Este último parámetro es muy importante pues permite definir si el enlace presentará interrupciones por desvanecimiento de la señal o no. Según el fabricante el margen recomendado sobre el umbral es de 6 [dB], por tanto el enlace debe trabajar sin algún problema respecto al desvanecimiento.

Por último se muestran los porcentajes fuera de calidad para BER (*Bit Error Rate*) de 10^{-3} y BER de 10^{-6} , estos expresan la posibilidad de que el enlace tenga el BER especificado en un periodo de tiempo, las normas definen estos dos umbrales para los enlaces de radio digitales como medida de su calidad, siendo el de 10^{-6} indicativo del comienzo de la degradación de la calidad y el umbral de 10^{-3} como punto a partir del cual se considera el enlace técnicamente fuera de servicio por degradación apreciable de la calidad.

3.3 Equipos para el transporte de los flujos E1 por fibra óptica

Al igual que el equipamiento para el transporte de los flujos **E1** por vía radio, para este caso se tomarán equipos de la firma RAD con los que ya existe contrato, que en este caso serán los Optimux-T3. Este equipamiento se encargará del transporte por fibra desde Cumanayagua hasta Pico San Juan, El Sopapo y Cuatro Vientos. A continuación se presenta una descripción general del equipo.

Características

- Multiplexa hasta 28 canales **T1** o 21 canales **E1**
- Soporta una combinación de canales **T1** y **E1**
- Soporta topología de anillo y configuración ADM (*Add-Drop Multiplexer*)
- Transmisión sobre cable coaxial o de fibra óptica
- Soporta fibra simple modo, fibra multimodo e interfase WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) de fibra simple
- Opción de diodo láser
- Rango de hasta 110 [km]

Tabla 3.1. Características de la interfase óptica

Long. de onda [nm]	Tipo de Fibra [μm]	Tipo de Transmisor	Potencia de Salida Típica [dBm]	Sensibilidad del Receptor [dBm]	Rango Máximo Típico [km]
850	62.5/125, multimodo	VCSEL	-18	-26	2.0
1310	62.5/125, multimodo	LED	-18	-31	5.5
1310	9/125, simple modo	Láser	-12	-31	38
1550	9/125, simple modo	Láser	-12	-31	25
1310	9/125, simple modo	Láser (Salto Largo)	-2	-34	60
1550	9/125, simple modo	Láser (Salto Largo)	-2	-34	110
1310/1550	9/125, simple modo	Láser WDM (SF1, SF2)	-12	-29	40
1310	9/125, simple modo	Láser (SF3)	-12	-27	20

3.3.1 Cálculos de potencias en los enlaces

Al igual que en los enlaces inalámbricos, en la fibra es necesario conocer la potencia que se está recibiendo con el propósito de asegurar una óptima calidad de la señal. A continuación se hará una evaluación de los tipos de fibra, longitud de onda del haz y tipos de transmisores, para cada uno de los enlaces que corresponden al futuro sistema de telefónico del Escambray cienfueguero.

Cumanayagua – Pico San Juan

Este es un enlace de aproximadamente 27 [km], por lo que, según las recomendaciones dadas por el fabricante para las distancias, debe ser escogida aquellas características que se ajustan a 38 [km] y que son: la longitud de onda de 1310 [nm], con el tipo de fibra 9/125 y con el transmisor láser. Con los siguientes datos que aporta el fabricante y con la ecuación 3.3 se calcula la potencia recibida en el receptor.

Datos

$$P_t = -12[\text{dBm}]$$

$$\alpha_{fo} = 0.24 [\text{dB/km}] \text{ (atenuación de la fibra para } \lambda = 1310)$$

$$L = 27 \text{ km}$$

$$\text{Atenuación por empate} = 0.15 [\text{dB}]$$

Número de empates: uno cada cuatro kilómetros, uno en cada extremo y dos en la derivación; para un total de 10 empates.

$$A_e = 10 \cdot 0.15 [\text{dB}] = 1.5 [\text{dB}] \text{ (Atenuación total por empate)}$$

$$\text{Atenuación por conector} = 0.75 [\text{dB}]$$

Número de conectores: un conector en cada extremo; para un total de dos conectores

$$A_c = 2 \cdot 0.75 [\text{dB}] = 1.5 [\text{dB}]$$

$$M_s = 5 [\text{dB}] \text{ (Margen de seguridad)}$$

Formulario:

$$P_r = P_t - \alpha_{fo} \cdot L - A_e - A_c - M_s \tag{3.3}$$

$$P_r = -12[\text{dBm}] - 0.24 [\text{dB/km}] \cdot 27 [\text{km}] - 1.5 [\text{dB}] - 1.5 [\text{dB}] - 5 [\text{dB}]$$

$$P_r = -26.48 [\text{dB}]$$

La potencia que se recibirá en el receptor será de $-26.48 [\text{dB}]$, mientras que la sensibilidad dada por el fabricante para la fibra escogida es de $-31 [\text{dB}]$, quedando por tanto un margen de seguridad de $4.52 [\text{dB}]$ a parte de los $5 [\text{dB}]$ que se predeterminaron. Este margen además posibilita que la señal pueda disminuir esta cantidad sin que se afecte la integridad de la señal.

Pico San Juan – El Sopapo

Para este enlace de alrededor de 9 [km] de longitud se toman aquellas opciones que son recomendadas para 20 [km] según el fabricante, y estas son: $\lambda = 1310$, tipo de fibra 9/125 [μm] simple modo y con el transmisor láser (SF3). Con los siguientes datos y con los datos de atenuación de la fibra, de los empates y conectores vistas en el enlace anterior, se calcula la potencia de recepción utilizando la propia ecuación 3.3.

Datos:

$$P_t = -12[\text{dBm}]$$

$$L = 9 [\text{km}]$$

$$A_e = 6 \cdot 0.15 [\text{dB}] = 0.9 [\text{dB}]$$

$$A_c = 2 \cdot 0.75 [\text{dB}] = 1.5 [\text{dB}]$$

$$M_s = 5 [\text{dB}]$$

Formulario:

$$P_r = -12[\text{dBm}] - 0.24 [\text{dB/km}] \cdot 9 [\text{km}] - 0.9 [\text{dB}] - 1.5 [\text{dB}] - 5 [\text{dB}]$$

$$P_r = -21.56 [\text{dB}]$$

El receptor recibirá una potencia de $-21.56 [\text{dB}]$ lo que da un margen para seguridad de $5.44 [\text{dB}]$ más los $5 [\text{dB}]$ que se establecieron en la ecuación, contra la sensibilidad recomendada de $-27 [\text{dB}]$.

El Sopapo – Cuatro Vientos

Con este enlace de unos 13 [km] se optó por las mismas características de la fibra del enlace anterior. Por tanto se da paso al cálculo de la potencia de recepción.

Datos:

$$P_t = -12[\text{dBm}]$$

$$L = 13 [\text{km}]$$

$$A_e = 7 \cdot 0.15 [\text{dB}] = 1.05 [\text{dB}]$$

$$A_c = 2 \cdot 0.75 [\text{dB}] = 1.5 [\text{dB}]$$

$$M_s = 5 [\text{dB}]$$

Formulario:

$$Pr = -12[\text{dBm}] - 0.24 [\text{dB/km}] \cdot 13[\text{km}] - 1.05 [\text{dB}] - 1.5 [\text{dB}] - 5 [\text{dB}]$$

$$Pr = - 22.67 [\text{dB}]$$

Se recibirá una potencia de $- 22.67 [\text{dB}]$, y teniendo en cuenta los $5 [\text{dB}]$ de la ecuación para seguridad, tenemos un margen total de seguridad de $9.33 [\text{dB}]$.

CONCLUSIONES

- A través de este nuevo diseño del sistema telefónico del Escambray cienfueguero se llegaron a resultados positivos y confiables de la posibilidad de aumentar el área de cobertura y el tráfico telefónico hacia los abonados de la zona.
- Se logró cambiar en parte la topología de la red para hacerla más eficiente y eliminar zonas de silencio.
- Se logró independizar el nuevo sistema de la central telefónica de Villa Clara y centralizarlo en la PSTN de Cienfuegos.
- Se encontraron diversas alternativas para la interconexión de los puntos de red, en especial el enlace por Fibra Óptica de tres estaciones lo que le brinda una gran vitalidad al sistema.
- Fue escogida la tecnología idónea para el nuevo sistema y el equipamiento óptimo para el montaje del mismo; así como también se recomendaron los niveles de potencia de los equipos.

RECOMENDACIONES

- Seguir estudiando las posibilidades de ampliar los servicios telefónicos del Escambray cienfueguero.
- Garantizar que la tecnología escogida (GSM) continúe su camino evolutivo y escalable, con motivo de evitar que el sistema se vuelva obsoleto.
- Analizar la factibilidad de realizar este mismo trabajo en las demás zonas rurales del país, buscando una mejora de la calidad de los servicios.

BIBLIOGRAFÍA

Alcatel R3.02 (1999). *Sistema acceso radio digital a microondas punto a multipunto*. Manual Descriptivo del sistema, Vol. 1.1.

Hernando Rábanos, J. M. (1998). *Transmisión por radio*. Editorial Centro de Estudio Ramón Areces S.A., Colección ETSI de Telecomunicaciones (UPM).

Mesa Rodrigues, E. (2004). El sistema GSM, su evolución y aplicación en Cuba. *Tono. Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba*, 0, 34-39.

Pradas, T. (2003). El huevo de C-COM. *punto cu. Mensuario de Informática y Comunicaciones*, 10, 5.

<http://www.alcatel.com>

<http://www.alvarion.com>

<http://www.bsnl.co.in/service/wll.htm>

<http://www.ericsson.com>

<http://www.eveliux.com/index.php?option=content&task=view&id=12>

<http://www.ez.nl/content.jsp?objectid=21042>

<http://www.gsmworld.com/about/index.shtml>

<http://www.huawey.com>

<http://www.supertel.gov.ec/telecomunicaciones/wll>

http://www.uwcc.org/Spanish/News_Room/DisplayPressRelease.cfm?id=801&s=SPN

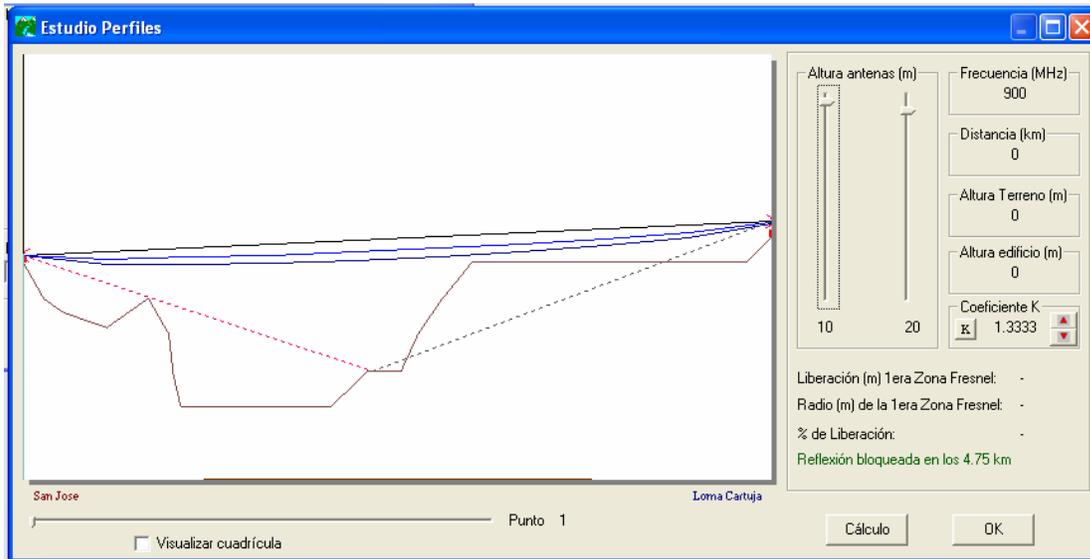
GLOSARIO DE SIGLAS Y TÉRMINOS

ADM: <i>Add-Drop Multiplexer</i>	OFDM: <i>Ortogonal Frequency Division Multiplex</i>
ADPCM: PCM Adaptativo Diferencial	OMC: Centro de Operación y Mantenimiento
ADSL: <i>Asimetric Digital Subscriber Line</i>	OSI: <i>Open Systems Interconnection</i>
AUC: Centro de Autenticación	PCN: Red de Comunicaciones Personal
BCF: Funciones de Control de la Estación Base	PCS: Servicios de Comunicaciones Personales
BER: <i>Bit Error Rate</i>	PDH: Jerarquía Digital Plesiócrona
BS: <i>Base Station</i>	PSTN: <i>Public Switched Telephone Network</i>
BSC: Controlador de la Estación Base	QAM: Modulación por Amplitud de Cuadratura
BSS: Sistema de Estación Base	RF: Radio Frecuencia
BTS: Transceptor de Estación Base	RDSI: Red Digital de Servicios Integrados
CDMA: <i>Code Division Multiple Access</i>	RITL: <i>Radio in The Loop</i>
CEPT: Conferencia de Correos y Telégrafos Europeos	RPMT: Red Pública Móvil Terrestre
DAMA: <i>Demand Asigment Multiple Access</i>	RSN: Radio Estación Nodal
EDGE: <i>Enhanced Data for GSM Evolution</i>	RST: Radio Estación Terminal
EIR: Registro de Identidad de Equipo	RTPC: Red Telefónica Pública con Conmutación
FDMA: <i>Frequency Division Multiple Access</i>	SCPC: <i>Single Channel Per Carrier</i>
GPRS: <i>Global Packet Radio System</i>	TDD: <i>Time Division Duplex</i>
GSM: <i>Global System for Mobile Communications</i>	TDM: <i>Time Division Multiplex</i>
HLR: Registro de Abonados Locales	TDMA: <i>Time Division Multiple Access</i>
IP: <i>Internet Protocol</i>	TRX: Transceptores
LEOs: <i>Low Earth Orbit</i>	UMTS: <i>Universal Mobile Telecommunication System</i>
LOS: <i>Line Of Sight</i>	VLR: Registro de Visitantes
MAN: <i>Metropolitan Area Network</i>	VoIP: Voz sobre IP
MEOs: <i>Medium Earth Orbit</i>	VSAT: <i>Very Small Aperture Terminal</i>
MS: Estación Base	WDM: <i>Wavelength Division Multiplexing</i>
MSC: Centro de Conmutación de Servicios Móviles	WiMax: <i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
NMC: Centro de Gestión de la Red	WLL: <i>Wireless Local Loop</i>
	XBS: Estación Base Central

ANEXOS

Anexo 1

Perfil San José – Loma Cartuja



19/06/2006

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: **SJ-LC. PER**Distancia: **9.010** [km]Frecuencia: **900** [MHz]K: **1.333**

	San José	Loma Cartuja
Alturas de antenas (m):	10.00	20.00
Altura del terreno (m):	300.00	336.00
Inclinación de Antena (°):*	0.262	-0.323

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

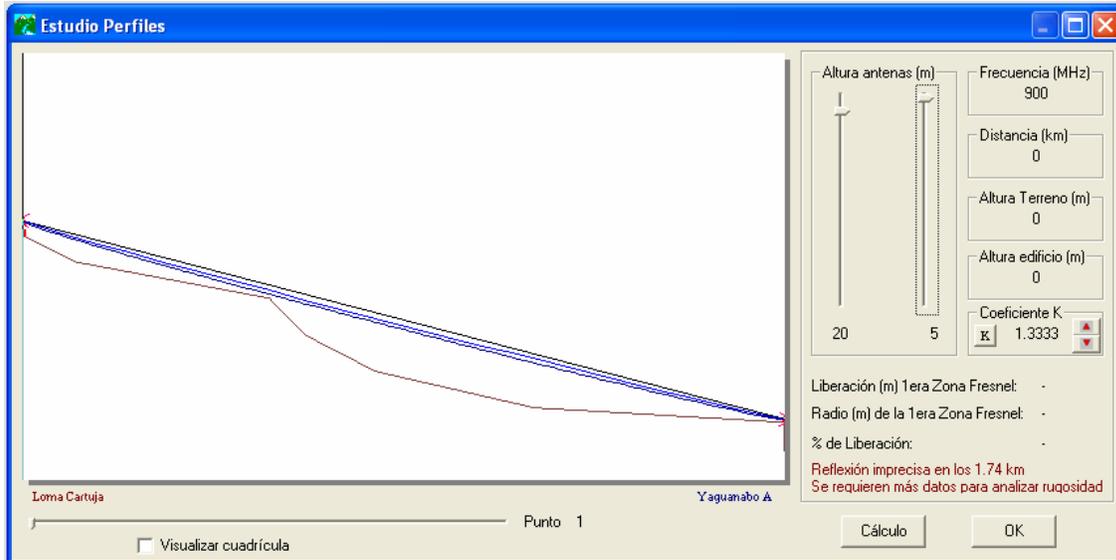
Ref. Atenuación de espacio libre: 110.619 [dB]

Atenuación Total de Propagación: 110.619 [dB]

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	0.25	61.15	9.00	679.33
3	0.50	82.30	12.55	655.97
4	1.00	104.63	17.21	607.83
5	1.50	67.00	20.41	328.17
6	1.75	118.19	21.68	545.14
7	1.80	168.43	21.91	768.65
8	1.90	218.91	22.36	979.19
9	2.75	223.03	25.24	883.75
10	3.70	227.73	26.96	844.70
11	4.15	180.00	27.32	658.96
12	4.55	182.04	27.40	664.37
13	4.75	133.06	27.36	486.32
14	5.05	84.61	27.20	311.05
15	5.40	36.42	26.86	135.63
16	8.70	54.26	9.99	543.19

Copyright Maxwell 2004

Perfil Loma Cartuja - Yaguanabo



21/06/2006

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: LCJ-YGA. PER

Distancia: **2.160** [km]Frecuencia: **900** [MHz]K: **1.333**

	<u>Loma Cartuja</u>	<u>Yaguanabo A</u>
Alturas de antenas (m):	20.00	5.00
Diámetro de Antenas (m):	1.00	1.00
Altura del terreno (m):	336.00	80.00
Inclinación de Antena (°):*	-7.196	7.181

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

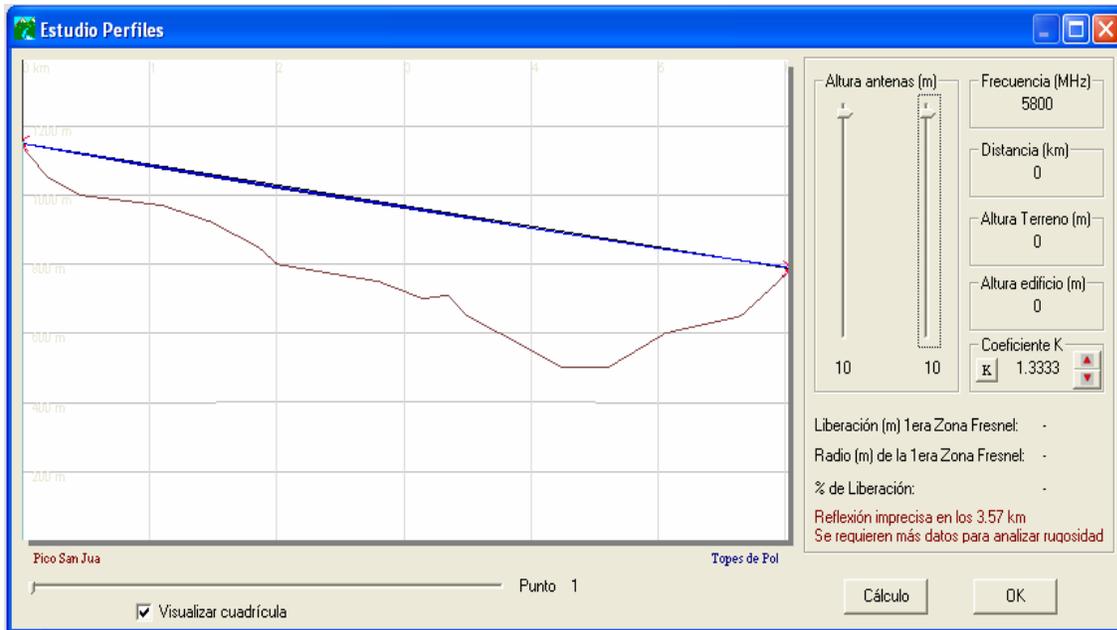
PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

Ref. Atenuación de espacio libre: 98.214 [dB]
Atenuación Total de Propagación: 98.214 [dB]

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	0.15	37.16	6.82	544.82
3	0.70	18.12	12.56	144.25
4	0.80	55.57	12.96	428.82
5	1.00	80.47	13.38	601.43
6	1.45	74.02	12.60	587.24

Copyright Maxwell 2004

Perfil Pico San Juan – Topes de Pollo



19/06/2006

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: **PSJ-TP. PER**Distancia: **6.030** [km]Frecuencia: **5800** [MHz]K: **1.333**

	Pico San Juan	Topes de Pollo
Alturas de antenas (m):	10.00	10.00
Diámetro de Antenas (m):	1.00	1.00
Altura del terreno (m):	1140.00	780.00
Inclinación de Antena (°):*	-3.441	3.400

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

Ref. Atenuación de espacio libre: 123.315 dB
 Atenuación Total de Propagación: 123.315 dB

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	0.20	87.99	3.16	2782.28
3	0.45	122.99	4.64	2650.00
4	1.10	114.01	6.82	1671.60
5	1.50	140.05	7.63	1834.40
6	1.85	189.10	8.14	2321.79
7	2.00	230.12	8.31	2767.61
8	2.80	232.30	8.81	2637.47
9	3.15	261.41	8.82	2963.31
10	3.35	239.47	8.78	2728.83
11	3.50	290.52	8.72	3333.49
12	4.25	395.82	8.06	4913.71
13	4.60	374.99	7.51	4992.07
14	5.05	248.22	6.52	3809.64
15	5.65	162.56	4.29	3788.00

Copyright Maxwell 2004

Perfil Topes de Pollo – El Mamey



19/06/2006

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: **TP-MMEY. PER**Distancia: **1.480** [km]Frecuencia: **900** [MHz]K: **1.333**

	Topes de Pollo	El Mamey
Alturas de antenas (m):	10.00	10.00
Diámetro de Antenas (m):	1.00	1.00
Altura del terreno (m):	780.00	650.00
Inclinación de Antena (°):*	-5.038	5.028

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

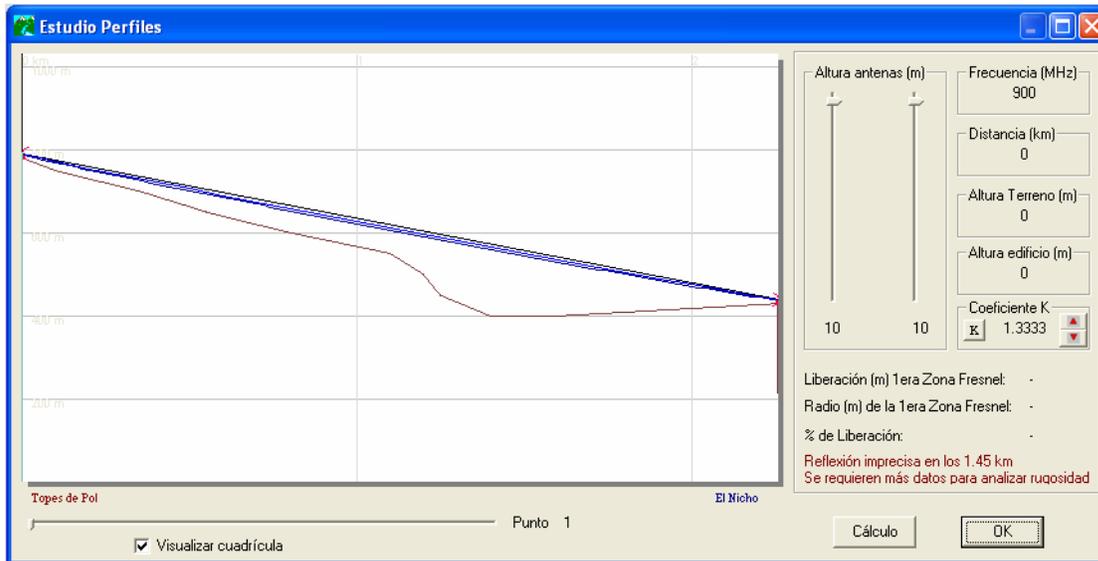
PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

Ref. Atenuación de espacio libre: 94.930 [dB]
 Atenuación Total de Propagación: 94.930 [dB]

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	0.10	31.21	5.58	559.78
3	0.45	50.45	10.22	493.73
4	0.60	87.27	10.90	800.24
5	0.75	84.09	11.10	757.25
6	1.00	92.13	10.40	886.12
7	1.10	93.35	9.70	962.13
8	1.20	89.57	8.70	1029.69
9	1.30	75.80	7.26	1044.08
10	1.35	71.41	6.29	1135.81
11	1.40	57.02	5.02	1135.31

Copyright Maxwell 2004

Perfil Topes de Pollo – El Nicho



19/06/2006

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: TP-NCH. PER

Distancia: **2.260** [km]Frecuencia: **900** [MHz]K: **1.333**

	<u>Topes de Pollo</u>	<u>El Nicho</u>
Alturas de antenas (m):	10.00	10.00
Diámetro de Antenas (m):	1.00	1.00
Altura del terreno (m):	780.00	430.00
Inclinación de Antena (°):*	-8.881	8.866

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

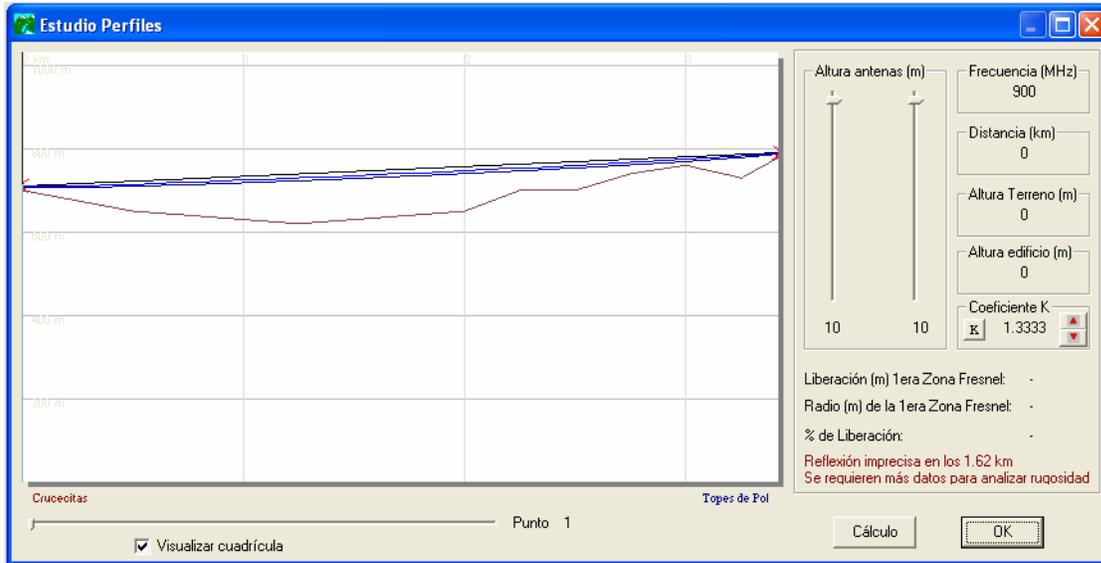
PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

Ref. Atenuación de espacio libre: 98.607 [dB]
Atenuación Total de Propagación: 98.607 [dB]

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	0.10	24.50	5.64	434.07
3	0.35	35.76	9.93	360.10
4	0.55	54.77	11.78	465.01
5	0.80	66.04	13.13	503.13
6	1.10	69.57	13.72	507.13
7	1.20	104.08	13.70	759.90
8	1.25	146.34	13.65	1072.43
9	1.40	173.12	13.33	1299.08
10	1.60	142.15	12.48	1139.02

Copyright Maxwell 2004

Perfil Topes de Pollo – Crucecitas



19/06/2006

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: CRUC-TP. PERDistancia: **3.420** [km]Frecuencia: **900** [MHz]K: **1.333**

	Crucecitas	Topes de Pollo
Alturas de antenas (m):	10.00	10.00
Diámetro de Antenas (m):	1.00	1.00
Altura del terreno (m):	700.00	780.00
Inclinación de Antena (°):*	1.329	-1.352

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

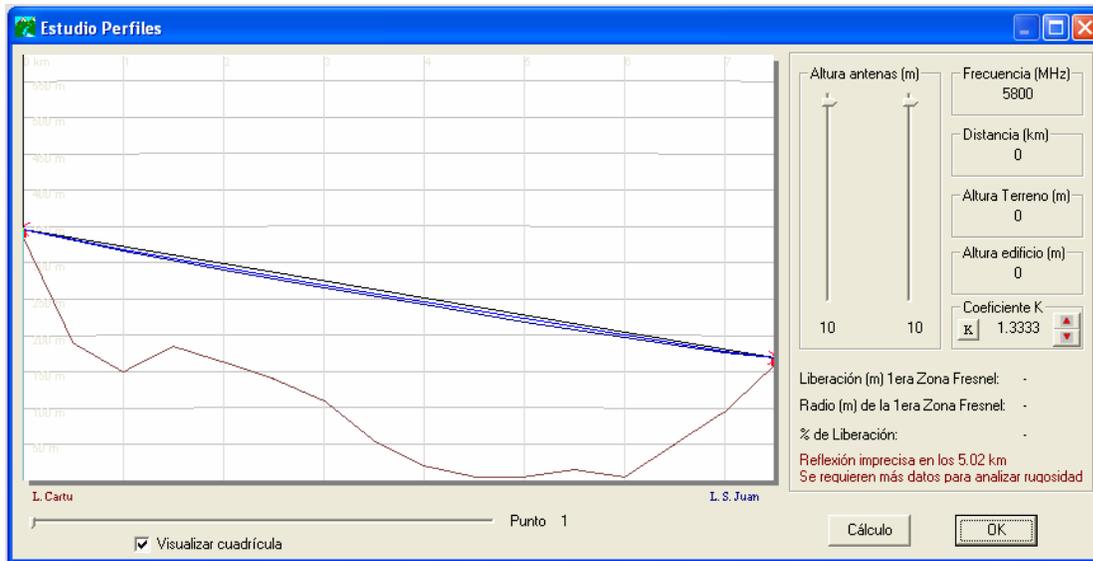
Ref. Atenuación de espacio libre: 102.205 [dB]

Atenuación Total de Propagación: 102.205 [dB]

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	0.50	71.61	11.93	600.30
3	0.75	87.43	13.97	625.79
4	1.00	103.25	15.36	672.29
5	1.25	119.08	16.26	732.37
6	1.50	114.92	16.75	685.91
7	2.00	106.62	16.64	640.82
8	2.25	62.48	16.02	390.04
9	2.50	68.34	14.97	456.47
10	2.75	34.22	13.40	255.35
11	3.00	20.10	11.08	181.39
12	3.25	55.99	7.34	763.00

Copyright Maxwell 2004

Perfil Loma Cartuja – Loma San Juan



19/06/2006

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: **LC-LSJ. PER**Distancia: **7.500** [km]Frecuencia: **5800** [MHz]K: **1.333**

	L. Cartuja	L. S. Juan
Alturas de antenas (m):	10.00	10.00
Diámetro de Antenas (m):	1.00	1.00
Altura del terreno (m):	336.00	160.00
Inclinación de Antena (°):*	-1.370	1.319

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

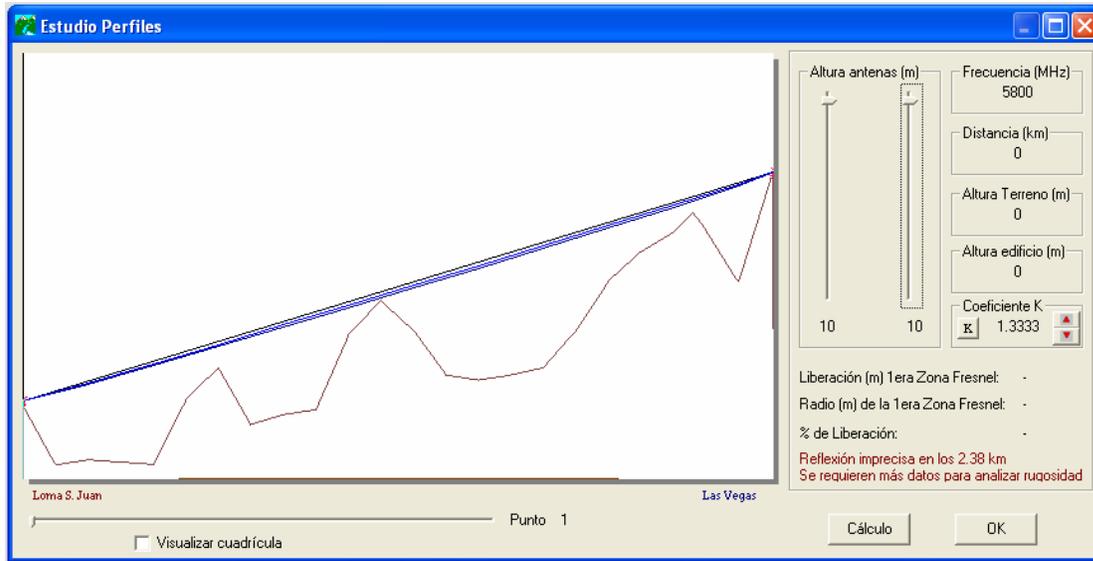
PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

Ref. Atenuación de espacio libre: 125.210 [dB]
 Atenuación Total de Propagación: 125.210 [dB]

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	0.50	144.06	4.91	2932.21
3	1.00	172.15	6.70	2571.21
4	1.50	125.27	7.88	1590.05
5	2.00	135.42	8.71	1554.78
6	2.50	146.60	9.28	1578.91
7	3.00	164.81	9.65	1708.01
8	3.50	208.04	9.83	2117.26
9	4.00	231.31	9.83	2354.04
10	4.50	234.61	9.65	2431.40
11	5.00	222.93	9.28	2401.04
12	5.50	201.29	8.71	2311.01
13	6.00	199.67	7.88	2534.41
14	6.50	143.08	6.70	2137.07
15	7.00	86.53	4.91	1761.18

Copyright Maxwell 2004

Perfil Loma San Juan – Loma Las Vegas



19/06/2006

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: **LSJ-LV. PER**Distancia: **11.550** [km]Frecuencia: **5800** [MHz]K: **1.333**

	Loma S. Juan	Las Vegas
Alturas de antenas (m):	10.00	10.00
Diámetro de Antenas (m):	1.00	1.00
Altura del terreno (m):	150.00	612.00
Inclinación de Antena (°):*	2.253	-2.331

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

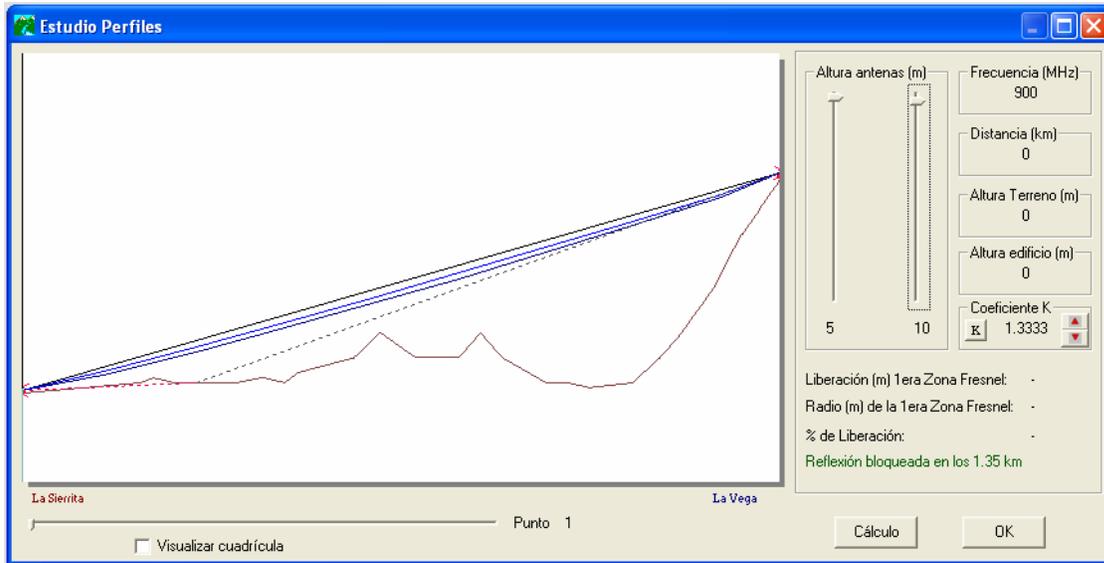
PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

Ref. Atenuación de espacio libre: 128.960 [dB]
 Atenuación Total de Propagación: 128.960 [dB]

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	0.50	149.68	4.97	3009.04
3	1.00	159.38	6.87	2318.73
4	1.50	184.11	8.22	2240.79
5	2.00	208.88	9.25	2258.49
6	2.50	98.67	10.07	980.24
7	3.00	53.49	10.72	499.09
8	3.50	188.34	11.23	1676.72
9	4.00	188.22	11.63	1618.51
10	4.50	198.13	11.92	1662.27
11	5.00	68.07	12.11	562.10
12	5.50	18.04	12.21	147.80
13	6.00	98.04	12.21	802.84
14	6.50	208.07	12.12	1716.13
15	7.00	238.13	11.94	1993.87
16	7.50	248.21	11.66	2128.19
17	8.00	253.33	11.28	2246.32
18	8.50	198.48	10.77	1842.01
19	9.00	118.65	10.14	1170.36
20	9.50	78.85	9.34	844.37
21	10.00	59.09	8.33	709.22
22	10.30	31.24	7.59	411.45
23	10.50	74.35	7.03	1058.14
24	11.00	199.64	5.21	3835.51
25	11.50	9.97	1.60	621.07

Copyright Maxwell 2004

Perfil Loma Las Vegas – La Sierrita



19/06/2006

ESTUDIO DE OBSTACULOS DEL PERFIL: **SIERR-LV. PER**Distancia: **8.680** [km]Frecuencia: **900** [MHz]K: **1.333**

	La Sierrita	Las Vegas
Alturas de antenas (m):	5.00	10.00
Diámetro de Antenas (m):	1.00	1.00
Altura del terreno (m):	180.00	612.00
Inclinación de Antena (°):*	2.855	-2.914

*NOTA: - Hacia abajo, + Hacia arriba (Con respecto a la horizontal de la estación)

PERFIL CON LA 1ª ZONA DE FRESNEL LIBERADA

Ref. Atenuación de espacio libre: 110.295 [dB]
 Atenuación Total de Propagación: 110.295 [dB]

Nº de Orden	Distancia (km)	Liberac. (m) 1ª Zona	Radio (m) 1ª Zona.	% de Liberación
2	1.35	52.38	19.49	268.72
3	1.50	49.88	20.34	245.29
4	1.75	72.39	21.58	335.45
5	2.45	107.45	24.21	443.81
6	2.75	112.49	25.02	449.52
7	3.00	135.03	25.58	527.87
8	3.15	122.56	25.86	473.88
9	3.80	125.22	26.69	469.25
10	4.10	90.31	26.85	336.31
11	4.50	160.45	26.88	596.98
12	5.00	185.65	26.58	698.39
13	5.25	148.26	26.30	563.77
14	5.50	210.87	25.92	813.66
15	6.00	286.13	24.85	1151.43
16	6.25	298.77	24.15	1237.11
17	6.50	321.41	23.33	1377.84
18	7.00	336.73	21.25	1584.51
19	7.30	301.93	19.67	1535.06
20	7.55	264.61	18.10	1461.87
21	7.75	224.75	16.64	1350.94
22	7.95	184.91	14.93	1238.59
23	8.10	142.52	13.43	1061.08
24	8.25	100.14	11.67	857.98
25	8.45	60.31	8.64	698.05
26	8.65	20.47	3.16	648.57

Copyright Maxwell 2004

Anexo 2**Enlace Pico San Juan - Loma Cartuja**

19/06/2006

ETECSA

Gerencia de Proyectos

Resultados del Cálculo del Salto No: 1*El cálculo se realizará con norma internacional.*

Estaciones:	Pico San Juan	Loma Cartuja
Distancia del Salto:	13.05 km	
Frecuencia:	5787.50 MHz	
Equipo Utilizado:	Airmux200	
Potencia de Salida del Transmisor:	16.00 dBm	(Sin amplificador opcional)

Ganancia de la Antena Transmisora:	32.00 dBi
Ganancia de la Antena Receptora:	32.00 dBi

Atenuación de las líneas de Transmisión:

	Estación A	Estación B
Atenuación (dB/m)	0.07	0.07
Longitud (m)	1	1
Atenuación (dB)	0.07	0.07
Longitud TOTAL:	2.00 m	
Atenuación TOTAL:	0.14 dB	

Atenuación Total de Propagación	130.00 dB
Potencia de recepción al 50% del tiempo	-52.14 dBm
Umbral del receptor para BER 10^{-3}	-74.00 dBm
Margen Plano sobre el umbral para BER 10^{-3}	21.86 dB

MARGEN DE DESVANECIMIENTO:

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Plano:	21.86	18.86 dB

PORCIENTO FUERA DE CALIDAD

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Total	5.288378E-03	.0105517

PROBABILIDAD FUERA DE CALIDAD TOTAL (%)

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
	5.288378E-03	.0105517

Copyright Maxwell 2004

Enlace Pico San Juan – Topes de Pollo

19/06/2006

ETECSA

Gerencia de Proyectos

Resultados del Cálculo del Salto No: 1

El cálculo se realizará con norma internacional.

Estaciones: Pico San Juan Topes de Pollos
 Distancia del Salto: 6.03 km
 Frecuencia: 5787.50 MHz
 Equipo Utilizado: AIRMUX2E1
 Potencia de Salida del Transmisor: 16.00 dBm (Sin amplificador opcional)

Ganancia de la Antena Transmisora: 22.00 dBi
 Ganancia de la Antena Receptora: 22.00 dBi

Atenuación de las líneas de Transmisión:

	Estación A	Estación B
Atenuación (dB/m)	0.07	0.07
Longitud (m)	1	1
Atenuación (dB)	0.07	0.07
Longitud TOTAL:	2.00 m	
Atenuación TOTAL:	0.14 dB	

Atenuación Total de Propagación	123.30 dB
Potencia de recepción al 50% del tiempo	-63.44 dBm
Umbral del receptor para BER 10^{-3}	-81.00 dBm
Margen Plano sobre el umbral para BER 10^{-3}	17.56 dB

MARGEN DE DESVANECIMIENTO:

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Plano:	17.56	14.56 dB

PORCIENTO FUERA DE CALIDAD

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Total	1.404246E-03	2.801839E-03

PROBABILIDAD FUERA DE CALIDAD TOTAL (%)

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
	1.404246E-03	2.801839E-03

Copyright Maxwell 2004

Enlace Loma Cartuja – Loma San Juan

ETECSA

19/06/2006

Gerencia de Proyectos

Resultados del Cálculo del Salto No: 1

El cálculo se realizará con norma internacional.

Estaciones:	Loma Cartuja	Loma San Juan
Distancia del Salto:	7.5 km	
Frecuencia:	5787.50 MHz	
Equipo Utilizado:	Airmux200	
Potencia de Salida del Transmisor:	16.00 dBm	(Sin amplificador opcional)

Ganancia de la Antena Transmisora:	32.00 dBi
Ganancia de la Antena Receptora:	32.00 dBi

Atenuación de las líneas de Transmisión:

	Estación A	Estación B
Atenuación (dB/m)	0.07	0.07
Longitud (m)	1.00	1.00
Atenuación (dB)	0.07	0.07
Longitud TOTAL:	2.00 m	
Atenuación TOTAL:	0.14 dB	

Atenuación Total de Propagación	125.19 dB
Potencia de recepción al 50% del tiempo	-47.33 dBm
Umbral del receptor para BER 10^{-3}	-74.00 dBm
Margen Plano sobre el umbral para BER 10^{-3}	26.67 dB

MARGEN DE DESVANECIMIENTO:

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Plano:	26.67	23.67 dB

PORCIENTO FUERA DE CALIDAD

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Total	3.316462E-04	6.617211E-04

PROBABILIDAD FUERA DE CALIDAD TOTAL (%)

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
	3.316462E-04	6.617211E-04

Copyright Maxwell 2004

Enlace Loma San Juan – Las Vegas

19/06/2006

ETECSA

Gerencia de Proyectos

Resultados del Cálculo del Salto No: 1

El cálculo se realizará con norma internacional.

Estaciones: Loma San Juan Las Vegas
 Distancia del Salto: 11.55 km
 Frecuencia: 5787.50 MHz
 Equipo Utilizado: AIRMUX2E1
 Potencia de Salida del Transmisor: 16.00 dBm (Sin amplificador opcional)

Ganancia de la Antena Transmisora: 22.00 dBi
 Ganancia de la Antena Receptora: 22.00 dBi

Atenuación de las líneas de Transmisión:

	Estación A	Estación B
Atenuación (dB/m)	0.07	0.07
Longitud (m)	1.00	1.00
Atenuación (dB)	0.07	0.07
Longitud TOTAL:	2.00 m	
Atenuación TOTAL:	0.14 dB	

Atenuación Total de Propagación	128.94 dB
Potencia de recepción al 50% del tiempo	-69.08 dBm
Umbral del receptor para BER 10^{-3}	-81.00 dBm
Margen Plano sobre el umbral para BER 10^{-3}	11.92 dB

MARGEN DE DESVANECIMIENTO:

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Plano:	11.92	8.92 dB

PORCIENTO FUERA DE CALIDAD

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
Total	3.616073E-02	7.215013E-02

PROBABILIDAD FUERA DE CALIDAD TOTAL (%)

	Para BER 10^{-3}	Para BER 10^{-6}
	3.616073E-02	7.215013E-02

Copyright Maxwell 2004