

**UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Topología de red y soportes de transmisión a utilizar en el Polo  
Turístico del Circuito Sur de la provincia de Cienfuegos**

**Autor: Alberto González Medinilla**

**Tutor: Ing. Alexey Seisdedo Losa**

**Santa Clara**

**2004**

**"Año del 45 Aniversario del Triunfo de la Revolución"**

# Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



## TRABAJO DE DIPLOMA

### Topología de red y soportes de transmisión a utilizar en el Polo Turístico del Circuito Sur de la provincia de Cienfuegos

**Autor:** Alberto González Medinilla

E-mail: [medinilla@uclv.edu.cu](mailto:medinilla@uclv.edu.cu)

**Tutor:** Ing. Alexey Seisdedo Losa

Especialista en Telecomunicaciones, Dpto. Desarrollo de la Red  
Gerencia Territorial ETECSA, Cienfuegos

E-mail: [seisdedo@cfg.tel.etcusa.cu](mailto:seisdedo@cfg.tel.etcusa.cu)

**Consultante:** M. Sc. Carlos Rodríguez López

Prof. Asistente, Dpto. de Telecomunicaciones y Electrónica  
Facultad de Ing. Eléctrica. UCLV.

E-mail: [crodrigz@uclv.edu.cu](mailto:crodrigz@uclv.edu.cu)

Santa Clara

2004

"Año del 45 aniversario del triunfo de la revolución"



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 Telecomunicaciones y Electrónica 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 publicado sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos 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 Autor

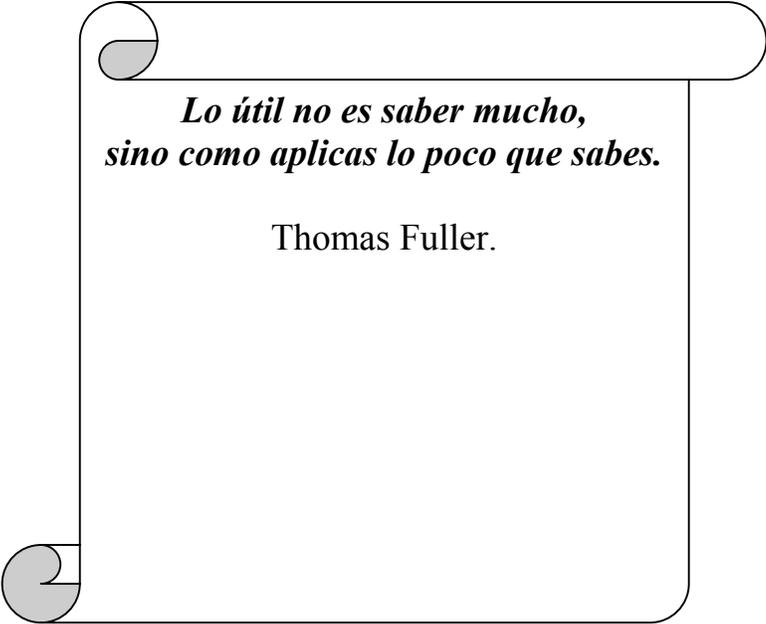
---

Firma del Jefe de Departamento  
donde se defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

# *PENSAMIENTO*



*Lo útil no es saber mucho,  
sino como aplicas lo poco que sabes.*

Thomas Fuller.

# *DEDICATORIA*

*A mi hermana y mis padres*

## *AGRADECIMIENTOS*

Primero que todo, agradecerle eternamente a mi amigo y tutor Alexey Seisdedo, porque a pesar de todas las dificultades siempre tuvo tiempo para mí.

Agradecer a mis padres su gran apoyo durante toda la carrera y a toda mi familia.

A mi novia por soportarme tanto y a su maravillosa familia.

A mis amigos Pichi y Pedraza por su desinteresada ayuda para conmigo todo este tiempo.

A mi gente de “la banda” por las noches de estudio y dominó.

A mis colegas “los soldados” Capote, el Miche, Vladi, Erick y Ariel por la amistad brindada.

A todos los profesores, gracias.

***TAREA TÉCNICA***

Con el siguiente trabajo se debe:

- 1- Realizar una revisión de los métodos de análisis y diseño de redes de telecomunicaciones en el mundo y en Cuba.
- 2- Investigar proyecciones de desarrollo para la zona de estudio propuesta.
- 3- Estudiar físicamente el área, futuro Polo Turístico de Rancho Luna, las características de la zona y posibles restricciones físicas para el diseño.
- 4- Confeccionar un conjunto de variantes de diseño de red con sus costos asociados como posibles soluciones al entorno.
- 5- Proponer la configuración óptima de la red en cuanto a costo económico y las ventajas de la misma frente al resto de las variantes.

---

Firma del Autor

---

Firma del Tutor

## ***RESUMEN***

Obtener una propuesta de configuración de red y soportes de transmisión a utilizar para la zona de desarrollo de Rancho Luna ha sido la premisa de este trabajo.

En las Telecomunicaciones el diseño de las Redes ha constituido una de las especialidades dentro de la cual se han desarrollado grandes esfuerzos, junto a otras especialidades, para la obtención de algoritmos y métodos de análisis y diseño de Redes de Telecomunicaciones que permitan obtener configuraciones óptimas sobre soportes fiables y seguros. Dado que todo lo anterior redundaba en una infraestructura que permite el incremento de servicios de las operadoras de telecomunicaciones, la adaptabilidad de las mismas al cambiante mercado de los servicios y la rápida recuperación del capital invertido, es que este tema ha centrado numerosos estudios, incluso con el auxilio de la investigación de operaciones, para el desarrollo de nuevos métodos y algoritmos. Aunque este ha sido un tema ampliamente abarcado y tratado, está muy lejos de ser un tema resuelto, la necesidad de analizar y comparar los métodos obtenidos con la realidad que ocupa en cada situación está validada en este trabajo.

En la Tesis se presenta un estudio sobre las diferentes técnicas y algoritmos tratados en las investigaciones de esta especialidad a nivel internacional así como los métodos utilizados en Cuba. Se realiza una contextualización al caso de estudio y se calcula el costo de cada una de las variantes a utilizar en dicha región, obteniéndose de esta forma una variante de red óptima dada la restricción de menor costo de inversión. Se presentan las dos tecnologías posibles a utilizar y características principales.

El trabajo culmina aportando una valiosa revisión del estado del arte en el desarrollo de métodos de diseño de redes así como resultados alentadores acerca de la topología de red a utilizar y de la tecnología en la red de acceso que permita asimilar la creciente demanda en el Polo Turístico de Rancho Luna.

**TABLA DE CONTENIDOS**

*INTRODUCCIÓN* ..... 1

*CAPÍTULO 1. El diseño de redes en el mundo y en Cuba* ..... 3

1.1. Evolución histórica de las redes de telecomunicaciones..... 3

    1.1.1. Desarrollo de las redes de telecomunicaciones. .... 3

1.2. Estructura de la red de telecomunicaciones. .... 3

    1.2.1. Red de acceso..... 4

    1.2.2. Red de transporte..... 4

1.3. Estado del arte. .... 4

    1.3.1. Investigación de operaciones..... 4

    1.3.2. Métodos heurísticos para el diseño topológico de las redes de telecomunicaciones. .... 5

1.4. El diseño de redes de telecomunicaciones en Cuba. .... 6

    1.4.1. Desarrollo de la región..... 7

1.5. Necesidad del trabajo. .... 10

*CAPÍTULO 2. Criterios de diseño. Análisis de variantes* ..... 11

2.1. Estudio de la zona..... 11

2.2. Servicios a prestar..... 11

2.3. Criterios de diseño..... 11

    2.3.1. Calidad de servicio. .... 12

    2.3.2. Criterios económicos. .... 12

    2.3.3. Predicción del tráfico. .... 16

    2.3.4. Optimización..... 16

    2.3.5. Flexibilidad..... 17

## Tabla de Contenidos

---

2.4. Topología.....	17
2.5. Formulación del problema.....	18
2.6. Análisis de variantes.....	18
2.6.1. Localización y cálculo estimado de la demanda. ....	18
2.6.2. Asignación de las líneas. ....	19
2.6.2.1. Agrupamiento de parcelas. ....	21
2.6.3. Costos paramétricos. ....	23
2.6.4. Variantes.....	23
2.6.4.1. Variante de diseño 1. ....	23
Grupo1.....	24
Grupo2.....	26
Grupo3.....	28
Grupo4.....	30
Grupo5.....	31
Enlace por fibra desde la Central Local.....	34
Costo total en USD de la variante de diseño 1. ....	35
Representación gráfica.....	36
2.6.4.2. Variante de diseño 2. ....	36
Grupo4.....	37
Grupos 1 y 2.....	38
Grupo3.....	38
Grupo5.....	39
Enlace por fibra del sistema.....	39
Costo total en USD de la variante de diseño 2. ....	40
Representación gráfica.....	40
<i>CAPÍTULO 3. Variante seleccionada. Presentación de sistemas y .....</i>	<i>43</i>
3.1. Selección de la variante óptima.....	43
3.2. Características principales del sistema HONET. ....	43
3.2.1. Numerosas interfaces de abonados. ....	45

## Tabla de Contenidos

---

3.2.2. <i>Flexibilidad</i> .....	45
3.2.3. <i>Confiabilidad</i> .....	45
3.2.4. <i>Aplicación de técnicas FTTx</i> .....	46
3.2.5. <i>Integración de banda ancha y banda estrecha</i> .....	46
3.2.6. <i>Integración de los modos de transmisión óptica activo y pasivo</i> .....	46
3.2.7. <i>Accesos inalámbricos</i> .....	46
3.2.8. <i>Variedad de equipamiento</i> .....	47
3.2.8.1. <i>Interiores</i> .....	47
3.2.8.2. <i>Exteriores</i> .....	47
3.3. <i>Características principales del CSNHD</i> .....	47
3.4. <i>Ventajas de la variante escogida</i> .....	49
<i>CONCLUSIONES</i> .....	51
<i>RECOMENDACIONES</i> .....	52
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	
<i>ANEXOS</i>	
<i>SIGLAS</i>	
<i>TÉRMINOS Y DEFINICIONES</i>	

## ***INTRODUCCIÓN***

La tecnología de las redes de comunicaciones se basa fundamentalmente en la tecnología de sistemas. Disponer de todos los elementos que integran una red, de forma que permitan establecer y desarrollar las comunicaciones con la calidad esperada y a un costo razonable a sus usuarios, es el objetivo fundamental de todo diseño. A la vez, una red bien planificada debe ofrecer la flexibilidad necesaria para un crecimiento armónico.

Para realizar el diseño de una red se deben tener en cuenta las necesidades de los abonados, naturaleza, calidad, intensidad y distribución del tráfico, las limitaciones técnicas y operativas, posibilidades de los equipos y de la organización que explota la red, la distribución de costos de los distintos elementos de planta, vías y sistemas de transmisión, sistemas de conmutación, dispositivos de planta externa, etc, el costo monetario y las posibilidades para ofrecer nuevos servicios. También se debe diseñar la red de forma que esta resulte un organismo armónico capaz de ir incorporando, tanto los avances que la técnica vaya ofreciendo como las nuevas necesidades y servicios que los abonados vayan demandando.

El dinamismo de la tecnología de comunicaciones, las fuertes inversiones que son necesarias, la dispersión geográfica y la variedad de técnicas y servicios son elementos con los que el diseñador siempre ha de contar.

En el presente trabajo, se revisará el estado del arte a nivel internacional en cuanto a diseño de redes de telecomunicaciones, la aplicación de la teoría de la investigación de operaciones y otros métodos desarrollados en el tema, así como se valorará lo que actualmente se hace en Cuba en cuanto a diseño de redes.

Se hará una determinación de procedimientos para la obtención de información sobre demandas de tráfico a conducir y costos relacionados con la implementación práctica del diseño y finalmente se determinará la opción de diseño más óptima para el caso que se muestra y se analizarán sus características.

Otro de los objetivos propuestos es la búsqueda de un método efectivo de diseño para darle respuesta al problema presentado. Este es un proceso que concierne a todos los operadores de redes de telecomunicaciones y empresas de diseño de redes en el despliegue o búsqueda

de soluciones a la expansión de usuarios y servicios. A pesar de la diversidad de métodos de diseño y fuentes varias de información existen mecanismos que permiten la selección del método adecuado. Existen métodos prácticos para obtener la información de tráfico a cursar según tipos de infraestructuras. No obstante, aunque el surgimiento y utilización de estos métodos y técnicas es de varias décadas atrás, constantemente estos evolucionan adoptándose nuevos algoritmos y métodos de diseño en correspondencia a las nuevas tecnologías.

Con este trabajo se propondrá un diseño óptimo de la red de telecomunicaciones para el desarrollo de la zona analizada teniendo en cuenta el factor económico como restricción fundamental. Los beneficiados son, en primer lugar la empresa proveedora de los servicios y operadora de la red, ETECSA, la cual contará con un diseño óptimo de la solución de red para el área de estudio, lo cual redundará en menores costos de inversión. En segundo lugar los clientes quienes gozarán de un mejor servicio y una mayor confiabilidad.

La implementación del diseño obtenido permitirá contar con una red de telecomunicaciones económica que satisfaga las demandas de servicios de las instalaciones previstas y la adaptabilidad de la misma ante el crecimiento de los nuevos servicios.

Para finalizar se puede decir que esta investigación sugiere a los interesados en el tema, nuevas ideas para el diseño de redes, enriqueciendo la teoría existente y el conocimiento empírico del personal vinculado a esta labor de diseño. Metodológicamente podrá servir de apoyo para aquellos que estén investigando en la materia.

La implementación de las herramientas utilizadas en este trabajo permitirá a los especialistas e investigadores realizar estudios, análisis comparativos y generar propuestas que en función de la disponibilidad de los recursos, logren ajustarse a los diferentes entornos e infraestructuras existentes de forma particular. Permitiendo esto, el desarrollo de nuevos polos turísticos o zonas de nuevo acceso teniendo en cuenta los resultados prácticos alcanzados y la confrontación con otros métodos y herramientas utilizados por otros especialistas o instituciones y empresas.

## ***CAPÍTULO 1. El diseño de redes en el mundo y en Cuba***

### **1.1. Evolución histórica de las redes de telecomunicaciones.**

Desde el siglo pasado se inició el desarrollo de una gran variedad de redes para las comunicaciones. Hoy ellas rodean el globo terráqueo. La radio, la televisión y el teléfono permiten que millones de personas estén en permanente contacto y que salven distancias de miles de kilómetros, aunque son muchísimos los que carecen de acceso a ellas, no comprenden sus mensajes o se benefician con su existencia (Zayas y Sao, 2002).

#### ***1.1.1. Desarrollo de las redes de telecomunicaciones.***

Aunque los primeros sistemas de comunicaciones, como es el caso del telégrafo, utilizaron un código digital (Morse) para transmitir información, el mayor peso de los proyectos recayó sobre la transmisión de voz e imagen, en forma analógica. Sin embargo, durante la segunda mitad del siglo XX, la aparición de las computadoras cambió el panorama, se ampliaron, entonces dramáticamente, las posibilidades de los seres humanos para procesar y conservar información. Para el desarrollo de las redes, las computadoras fueron esenciales.

La evolución tecnológica propició que ya las redes no solo fueran telefónicas, sino que también aparecieran las redes de datos y las de televisión. Si al principio estas redes se trataban por separado como tres grandes tipos de redes, hoy en día la digitalización ha permitido la unificación de estas redes en una sola, incluso soportando otros variados servicios. Este tipo de red, muy usada en el mundo desarrollado, es llamada Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). La aparición de la fibra óptica como medio físico de transporte, ha propiciado el desarrollo acelerado de las redes por su capacidad ilimitada de ancho de banda, rapidez y seguridad en la transmisión tanto de datos, de voz como de imagen.

### **1.2. Estructura de la red de telecomunicaciones.**

Una red de telecomunicaciones está dividida funcionalmente en tres partes: red de conmutación, red de transporte y red de acceso. En el presente trabajo por tratarse de la planificación física de la red nos ocuparemos solo de las redes de transporte y la de acceso.

### ***1.2.1. Red de acceso.***

La red de acceso abarca los elementos tecnológicos que soportan los enlaces de telecomunicaciones entre los usuarios finales y el último nodo de la red. A menudo se denomina lazo de abonado o simplemente la última milla. Sus principales componentes son: los medios de comunicación (par de cobre, cable coaxial, fibra óptica, canal radioeléctrico) y los elementos que realizan la adecuación de la señal a los mismos.

En estos tiempos, con la aceleración de las tecnologías de la información en el mundo, las redes de acceso han sufrido grandes innovaciones. Entre las nuevas tecnologías aplicadas a la red de acceso se clasifican las técnicas xDSL, la fibra óptica, la tecnología inalámbrica, las redes híbridas y las tecnologías de acceso por IP.

### ***1.2.2. Red de transporte.***

Las redes de transporte juegan un papel muy importante, son las encargadas del envío y multicanalización de diversos tipos de información en diferentes formatos tanto analógicos como digitales entre los diferentes nodos de conmutación o de telecomunicaciones de forma general. Su evolución ha sido gradual, desde las primeras redes analógicas, las digitales, hasta las redes ópticas. Así tenemos las redes basadas en E1/T1 sobre cuadretes de cobre y las redes de transporte basadas en fibras ópticas como ATM, B-ISDN o SONET/SDH (Martínez, 2002).

## **1.3. Estado del arte.**

A nivel mundial, el diseño óptimo de redes de telecomunicaciones es un campo al que le son dedicadas numerosas horas de estudio e investigación por la importancia que posee a la hora de implementar una red que cumpla con los requisitos fundamentales que todo buen diseñador debe tener en cuenta, entre los que se encuentran lograr una red eficiente, flexible, económica y operable.

### ***1.3.1. Investigación de operaciones.***

La investigación de operaciones es una rama de las matemáticas aplicadas, dentro de cuyo quehacer encontramos estudios muy importantes a la hora de diseñar una red óptima,

centrando sus objetivos en acortar la distancia entre los nodos de la red, encontrando la ruta más corta entre ellos, minimizando tiempos de transmisión de paquetes etc. (Bodin, 1990). Resultado de estos estudios es el desarrollo de algoritmos heurísticos que buscan soluciones óptimas o cercanas a este punto. Estos algoritmos tienen generalmente dos fases. La primera fase procura encontrar una buena solución inicial. La segunda fase implica modificaciones de menor importancia a la mejor solución encontrada.

Debido a este minucioso análisis, se obtienen diseños que permiten economizar recursos en su implementación.

### ***1.3.2. Métodos heurísticos para el diseño topológico de las redes de telecomunicaciones.***

El diseño topológico de redes de telecomunicaciones está dirigido a un amplio rango de problemas relacionados con la localización de enlaces y/o nodos de una red. El problema básico del diseño topológico, consiste en encontrar un diseño de red óptimo, el cual enfocado a la localización de los enlaces fue ampliamente estudiado por Minoux(1989). Problemas similares han sido descritos en otros trabajos (Gendron y otros, 1996; Balakrishnan y col., 1989).

Dentro de la amplia gama de algoritmos y procedimientos cuyo objetivo en la optimización es encontrar una estructura de red y un patrón de localización de demanda que minimice el costo de la red dada una lista de localización de nodos potenciales, y de interconexiones permisibles entre ellos, encontramos métodos de solución heurísticos como IBFS (*Individual and Bulk Flow Shifting*), algoritmos de Yaged (Yaged, 1972), TNLLP (*Transit Nodes and Links Localization Problem*) etc.

El TNLLP consiste en seleccionar los nodos de tránsito y enlaces de forma flexible caracterizados estos por el mínimo costo, dada una serie de demandas a satisfacer( Pióro y col., 2001).

TNLLP es uno de los principales métodos de optimización topológica de redes. Su formulación particular como parte de la investigación de operaciones fue realizada, entre otros, por Mysleck(2001).

Como idea general, el TNLLP define que para un sistema dado de nodos de acceso y de las demandas entre cada par de nodos de acceso se encuentran:

- ❖ número y localizaciones de los nodos de tránsito instalados (en estos nodos no se origina ningún tráfico, sólo la conmutación del flujo es permitida).

- ❖ capacidad de los enlaces que conectan nodos de acceso a nodos de tránsito.
- ❖ capacidad de los enlaces que interconectan nodos de tránsito.

Esto se realiza de tal forma que la demanda es satisfecha a un costo mínimo total de la red, el cual se compone de:

- ◆ costo fijo de la instalación de cada nodo de tránsito.
- ◆ costo fijo de la instalación de cada enlace.
- ◆ costo dependiente de la capacidad de cada enlace.

Otros métodos heurísticos se aplican a la solución de TNLLP. Entre estos encontramos *Individual Flow Shifting*(IFS), *Simulated Annealing* (Fetterolf y Anandalingman, 1992; Atiquillah y Rao, 1993; Pierre y col., 1995 ) y *Simulated Allocation*(SAL), todos de probada eficacia.

#### **1.4. El diseño de redes de telecomunicaciones en Cuba.**

El diseño de redes de telecomunicaciones en Cuba es ubicado dentro de la Ingeniería de Planta Exterior, la cual como especialidad se encuentra dentro de la Unidad de Negocios de Red como Subgerencia de la Gerencia de Proyecto de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, ETECSA.

Esta Subgerencia de Proyecto de Planta Exterior tiene dentro de sus funciones (División de Ejecución de Obras de ETECSA, 2004):

- Ejecutar y Controlar los Proyectos, anteproyectos y estudio de Planta Exterior a Nivel Nacional.
- Controlar la calidad de las Tareas Técnicas emitidas.
- Garantizar la ejecución del plan de producción, el cumplimiento de las normas, regulaciones e instrucciones técnicas de proyectos y emitir los controles necesarios.
- Controlar los Proyectos de corte de cables para nuevos MDF a instalar en las Centrales que se encuentran en digitalización, proyectos de instalación de cables troncales F.O y de cobres enterrados y soterrados, proyectos de distribución de cables locales, proyectos o tarea técnica de soterrados telefónicos, proyectos de distribución interior en edificaciones complejas, proyectos de relevos de conductos telefónicos para garantizar nuevas instalaciones, proyectos de presurización de cables.

Y diseña:

- Redes Flexibles de Cobre.
- Redes de Fibras Ópticas.
- Redes de Distribución Interior Telefónica.
- Cableado Estructurado.
- Redes de Cables Submarinos.
- Redes Soterradas y Enterradas.
- Sistemas de Presurización de Cables.
- MDF.

El proceso de diseño parte de la emisión de una tarea técnica, por el planeamiento operativo o las propias representaciones territoriales, la cual encierra todos los detalles u objetivos a conseguir por el proyecto ejecutivo resultante de la posterior fase de diseño.

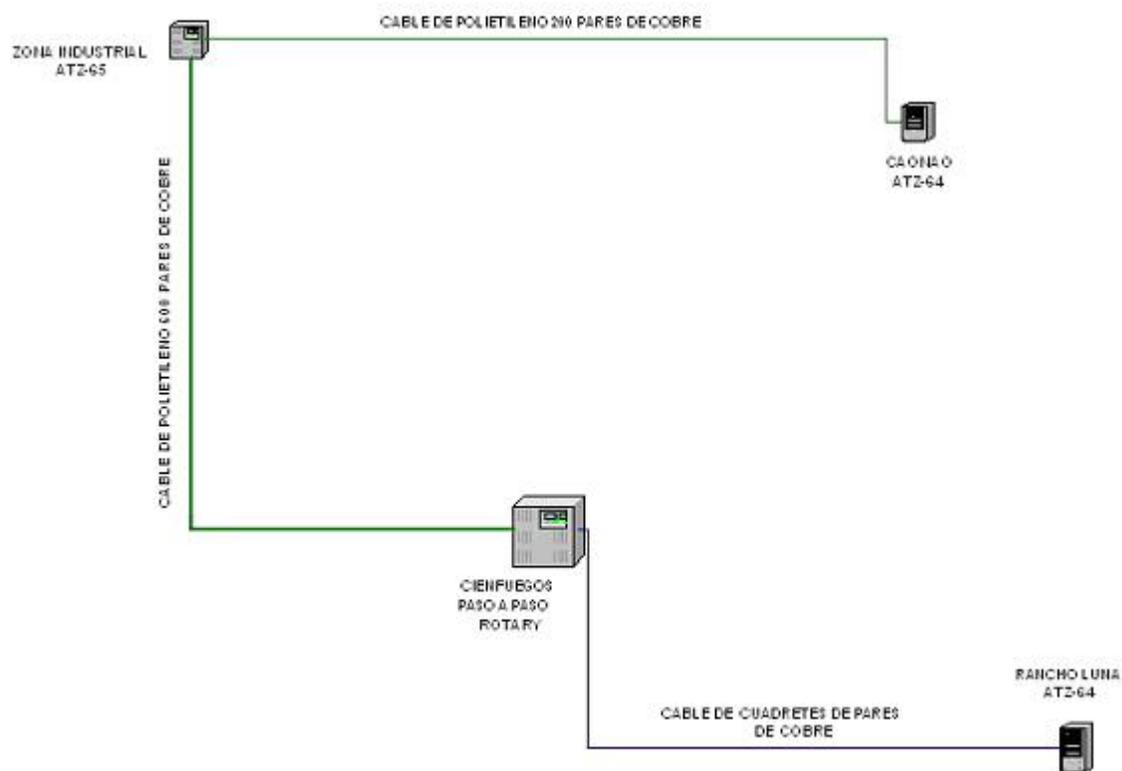
En la etapa de diseño se consulta la información previa almacenada en las bases de datos y se recurre al terreno a la confrontación de estos con la realidad. Luego se realiza un trabajo de análisis y estudio de las diferentes variantes a proyectar, costos estimados, características técnicas de las mismas, etc.

Durante la etapa de proyección se cumplen las normas técnicas establecidas por ETECSA, y las regulaciones emitidas por los diferentes organismos del territorio, se aprovechan al máximo las infraestructuras existentes, viales, rutas, fachadas, etc, así como los intereses y perspectivas de terceros. Esto redundará muchas veces en la obtención de una red no óptima, que cumple las diferentes restricciones y que consiste en la mejor variante a alcanzar de acuerdo a las condiciones dadas.

### ***1.4.1. Desarrollo de la región.***

Antes de la digitalización del nodo principal de Telecomunicaciones de Cienfuegos el 27 de Octubre del 2001, la situación de la red de cables del mismo con sus nodos asociados dentro de la cabecera provincial era caótica. El nodo principal era tecnología paso a paso (*Rotary*) y su central de tránsito asociada (Tándem) ATZ-65. El nodo terminal de Zona Industrial, situado aproximadamente a 3,3 Km, se encontraba enlazado al nodo principal mediante un cable de polietileno de 600 pares como soporte fundamental, el cual por el

incremento de servicios durante el tiempo de explotación se encontraba saturado. El nodo terminal de Caonao situado a 5,4 Km, se encontraba enlazado mediante un cable de polietileno de 200 pares al nodo de Zona industrial, del cual se utilizaban 100 pares para distribución local de Zona Industrial. Este enlace no poseía las características técnicas que posibilitara una calidad de servicio de excelencia. El nodo de Rancho Luna, ATZ-64, situado a 17 Km, era enlazado mediante cable de cuadretes de cobre el cual sufría múltiples interrupciones y era costosa su operación y mantenimiento, **figura 1.1.**



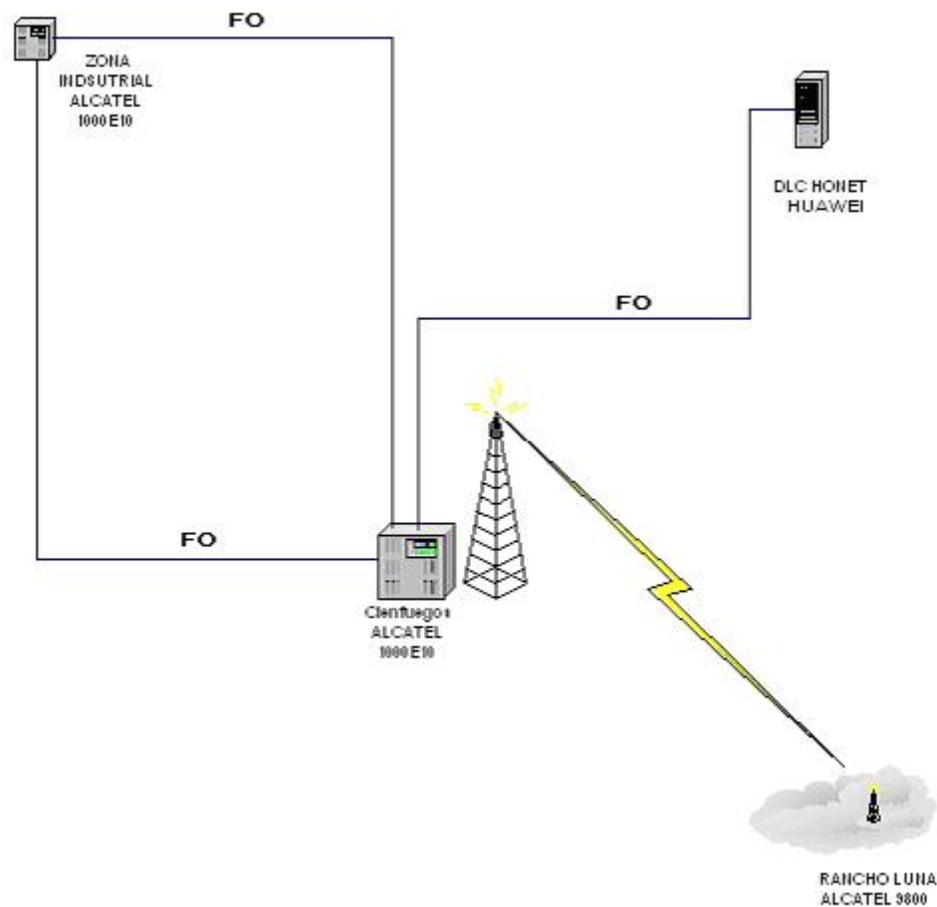
**Figura 1.1. Topología de red de cables antes de la digitalización.**

En el proceso de planeamiento de la digitalización del territorio, se estudian las posibilidades del cambio tecnológico de estos nodos así como las de sus respectivos enlaces. Luego, se toma la determinación de sustituir el nodo principal de Cienfuegos y su central Tándem por seis CSNHD / 1000E10 de ALCATEL, el nodo terminal ATZ-65 de Zona Industrial por dos CSNHD / 1000E10 de ALCATEL, enlazados estos mediante un

cable de fibra óptica. Así también, dada la crítica situación de Caonao, se determina la sustitución de la ATZ-64 existente, por el Terminal HONET de Huawei enlazado al nodo principal mediante un cable de fibra óptica, eliminándose de esta forma el enlace por cobre y reutilizándose el mismo para distribución local en las respectivas áreas de servicio de los nodos terminales. Además, dada la importancia del nodo terminal de Zona Industrial y otros intereses del territorio, se determinó enlazar dicho nodo al nodo principal mediante un segundo cable de fibra óptica que brindara la posibilidad de camino de resguardo.

El nodo de Rancho Luna es eliminado junto a su enlace de cobre, y se incorporan los servicios de este a un sector del sistema inalámbrico ALCATEL 9800 (WLL).

Todos estos trabajos llevaron a la modificación de la topología de la red de cables llegando finalmente a la planteada en la **figura 1.2**.



**Figura 1.2. Topología de red de cables después de la digitalización.**

### **1.5. Necesidad del trabajo.**

Como se explicó anteriormente, con el plan de digitalización de la provincia, el nodo de Rancho Luna fue eliminado junto a su enlace de cobre, quedando instalado en su lugar un sistema inalámbrico (WLL), incapaz de asimilar el crecimiento de nuevos abonados y la explosión de servicios en la región.

Al quedar sin infraestructura de cables la zona, urge la necesidad de diseñar una nueva que pueda satisfacer la demanda de servicios de telecomunicaciones de la región, que se perfila como el principal polo turístico de la provincia. Este diseño se hará haciendo un uso adecuado de los recursos de red existentes y con el propósito además, de que contribuya al desarrollo económico y social de la región.

## ***CAPÍTULO 2. Criterios de diseño. Análisis de variantes***

### **2.1. Estudio de la zona.**

Para todo diseño de red es muy importante conocer las condiciones del lugar donde se va a implementar dicha red, esto se logra consultando los datos almacenados al respecto o mediante la inspección física del mismo.

Para facilitar el estudio se ha dividido la zona en 20 parcelas, las cuales estaban ya prefijados en el Plan de Ordenamiento Territorial Rancho Luna-Pasacaballo(Dirección Provincial de Planificación, 2004). En estas parcelas serán edificados hoteles, parques temáticos, un campo de golf, restaurantes y otros lugares de esparcimiento, preferentemente para turismo internacional. A estas les fue adicionada, dada su importancia social, la comunidad rural Mártires de Barbados, obteniéndose como resultado 21 parcelas.

### **2.2. Servicios a prestar.**

Por ser una zona eminentemente turística, y de carácter internacional, se brindarán servicios de Acceso a Internet, Transmisión de datos, imagen y multimedia de banda ancha, correo electrónico, Telefonía celular de tecnología GSM y D-AMPS, TV por cable  por supuesto redes internas de computadoras para la gestión intrahotelera.

### **2.3. Criterios de diseño.**

La red de telecomunicación es un ente con características bien definidas. Ante todo, hay que tener presente que se trata de un sistema en permanente funcionamiento, que da servicio a una demanda dispersa y, generalmente, creciente. La red es, por lo tanto, algo “vivo” y cambiante (Lera y Caballero, 1989).

El diseño tiene como fin la determinación de una serie de acciones sobre el objeto de estudio, de forma que se optimice una función objetivo en el entorno definido por unas restricciones conocidas.

### **2.3.1. Calidad de servicio.**

La calidad de servicio exigida por los usuarios es un dato fundamental a la hora de abordar el estudio de planificación de una red. Incluso es posible que la mejora de la calidad del servicio sea, precisamente, el objetivo perseguido en el propio estudio de diseño. La calidad de servicio debe estar perfectamente definida y ser cuantificable.

Por calidad de servicio pueden entenderse diferentes conceptos, tales como:

- ◆ Prestaciones de la red ( diversidad de servicios, posibilidades ofrecidas al usuario,...).
- ◆ Operatividad de la red.
- ◆ Fiabilidad del servicio.
- ◆ Calidad de transmisión.
- ◆ Disponibilidad del servicio ( grado de servicio, disponibilidad de equipos, características de propagación).

### **2.3.2. Criterios económicos.**

Tanto en el plano genérico como particular, cuando se analizan las distintas soluciones técnicas para establecer una red de telecomunicaciones, es necesario tener en cuenta el efecto económico de las mismas de forma tal que este análisis permita a los diseñadores elegir en cada caso la más adecuada.

Para efectuar estos análisis económicos hay que partir de los costos de los elementos de planta que configuran las posibles opciones.

En general conviene dividir el costo de los diversos equipos en dos categorías principales:

- Inversión o costo inicial.
- Explotación o cargas anuales.

Las inversiones vienen definidas por los gastos que se hacen de una sola vez, destinados a la adquisición de equipos con su correspondiente soporte lógico e infraestructura, cuya característica principal a efectos económicos es que su vida suele ser larga. Los costos de explotación o cargas anuales son los gastos asociados a la operación y mantenimiento de los equipos, incluyéndose también en esta partida los sueldos del personal, las piezas de repuesto y todos los equipos perecederos (material pequeño o sensible, etc.).

Cuando se hace un estudio de esta naturaleza, hay que tener la precaución de incluir todos los costos que comporta una compra determinada. Esos costos pueden figurar como parte del precio contractual o pueden considerarse por separado, pero en cualquier caso han de identificarse con claridad sobre todo cuando se comparen diversas opciones equivalentes.

Las principales categorías de costos de inversión son las siguientes:

- ✓ **Gastos del capital del equipo.** Son las cantidades pagadas al fabricante por la totalidad del equipo, control, señalización, terminales conectores y de facturación.
- ✓ **Gastos de transporte.** Son las cantidades pagadas por el transporte del equipo a su lugar de instalación, incluyendo el seguro, la manipulación en los posibles puntos de trasbordo, los impuestos y el almacenaje.
- ✓ **Gastos de instalación.** Son los gastos de manipulación y colocación del equipo, cables, terminales, pruebas de supervisión, puesta en servicio y aceptación por parte del cliente.
- ✓ **Gastos diversos.** Deben incluirse en este apartado el costo de los dispositivos de comprobación y medida, de mantenimiento, mobiliario y enseres. Algunos dispositivos complejos son solo necesarios para la puesta en servicio y generalmente los suele prestar el propio fabricante.
- ✓ **Gastos de capacitación inicial del personal.** Son los gastos ocasionados por la capacitación del personal de la Administración en la instalación, supervisión, explotación, mantenimiento y administración del sistema y en la enseñanza a terceros de estas funciones, incluidos los gastos del centro de capacitación y del equipo correspondiente, así como los viajes del personal del fabricante o de la Administración con fines de capacitación.
- ✓ **Gastos de interfaz de la red.** Son los gastos de conexión del nuevo sistema a la red existente.
- ✓ **Gastos del equipo de alimentación.** Son los gastos de proporcionar, instalar y poner en servicio el equipo necesario para alimentar la instalación, incluida la toma de red y la conversión, los generadores de reserva, el almacenamiento y suministro de combustible, las baterías, las cajas de control y distribución.
- ✓ **Gastos del sistema de control climático.** Se incluye aquí el precio de equipos para mantener la temperatura y humedad de la sala de aparatos y de otras salas dentro de

ciertos límites. Los depósitos de agua y su refrigeración pueden suponer una parte importante de este costo.

- ✓ **Costo del terreno, la construcción y servidumbre de paso.** Incluye además de lo que su propia designación indica, los honorarios de arquitectura, aparejados, asesores jurídicos, etc., y el costo de las vías de acceso, alcantarillado, protección, condiciones de agua, gas, electricidad y otras instalaciones de combustible necesarias para el enclavamiento del equipo y sus anexos.
- ✓ **Costo de los estudios técnicos.** Son los costos de realizar estudios de tráfico, preparar las especificaciones del equipo y adjudicar las subastas consiguientes, de asignar partes determinadas del equipo y soporte lógico a sus funciones y de planificar el tendido de cables y la ordenación del espacio.
- ✓ **Gastos de documentación.** Son los costos de preparación de la documentación suficiente para la construcción, la instalación del equipo, puesta en servicio, operación, mantenimiento y ampliaciones ulteriores.

Los gastos de explotación derivan de la propia existencia y utilización de la instalación. Dependen de la instalación en su aspecto físico: variedad de órganos, montaje, situación, utilización, mantenimiento, reformas y modificaciones. No guardan necesariamente una relación directa con el costo de la instalación en sí (costos de inversión). Una característica fundamental de los gastos de explotación es que son esencialmente continuos o recurrentes mientras la instalación esté en servicio, tienden a originarse y desaparecer con la propia instalación. A efectos de su estudio se supone generalmente que los costos de explotaciones sufragan estos cuando se producen.

Los gastos de explotación pueden desglosarse como sigue:

- **Gastos administrativos.** Son los gastos generales de gestión. Se incluyen aquí los gastos de alta dirección, asesoría jurídica, contabilidad, selección y dirección de personal, seguros, publicidad.
- **Gastos operacionales.** Se trata de los gastos de material y mano de obra asociados a la prestación del servicio. Se incluyen, entre otros, los gastos de:
  - Personal de explotación.

- Personal de planificación, diseño y reordenación que no forma parte de los gastos de inversión.
- Personal dedicado a las modificaciones del equipo físico y del soporte lógico impuestas para hacer frente a las necesidades cotidianas del servicio.
- Capacitación y supervisión del personal.
- Adquisición, manipulación y almacenamiento de material, por ejemplo, el material de oficina destinado al personal.
- Otros gastos de personal: impuestos, seguros, vacaciones, primas, etc.
- Transporte-Gastos del parque automóvil, transporte de material por tierra, mar o aire.

➤ **Gastos de mantenimiento.** Se trata del costo del material y mano de obra necesarios para mantener la central en condiciones de servicio. Se descomponen como sigue:

Mano de obra:

- Personal necesario para la comprobación del equipo, diagnóstico y reparación de averías y, en general, para el mantenimiento de la calidad del servicio.
- Personal necesario para diagnosticar y reparar averías más complejas en un taller central de reparaciones.
- Personal necesario para actualizar el soporte lógico a fines de desarrollo o con motivo de imperfecciones.
- Personal necesario para las relaciones con la clientela, la administración y el resto del personal de explotación.
- Personal necesario para mantener los edificios y sus alrededores: limpiadores y supervisores.
- Adquisición, manipulación y almacenamiento de material para uso del personal.
- Otros gastos del personal: impuestos, seguros, vacaciones, primas, etc.
- Calibración del equipo de pruebas.

Material

- Transporte-Gastos de explotación del parque automóvil, transporte de material por tierra, mar o aire.
- Asesoramiento de los fabricantes, de otras Administraciones o de otras partes.

- Accesorios, material de limpieza de oficina,

**Costos de servicios exteriores.** Pagos efectuados por servicios prestados por autoridades locales, etc, tanto a fines de explotación como de mantenimiento. Posiblemente se incluyen aquí las partidas siguientes:

**Energía eléctrica.** Se debe conocer para cada sistema considerado el consumo permanente de corrientes y el consumo por *erlang*, puesto que estos factores pueden constituir una parte importante de los gastos totales de explotación del equipo. Multiplicando estos valores por las cifras correspondientes de tráfico y las horas de servicio a las distintas tarifas, se obtiene el costo total anual de la energía. Se tendrán en cuenta las posibles condiciones tarifadas especiales, tales como las tarifas en horas punta.

**Agua, combustible y saneamiento.** Todas estas partidas dependen del personal empleado; el agua y el combustible dependen también del consumo de energía del equipo y en particular de las características del sistema de acondicionamiento de aire necesario.

**Otros gastos.** Se trata de los recursos necesarios periódicamente para impuestos locales, mantenimiento de vías de acceso y servicios de emergencia: bomberos, policía, ambulancia. En algunos casos la protección de edificios, especialmente durante la instalación del equipo.

### ***2.3.3. Predicción del tráfico.***

La predicción tanto del número de terminales como del tráfico que originan y reciben es una etapa previa necesaria en la planificación de cualquier red.

El objetivo principal de las predicciones es facilitar a los planificadores de la red las estimaciones previas de la demanda futura de equipos y facilidades de telecomunicación, tratando de responder a las conocidas preguntas de ¿cuándo?, ¿dónde? y ¿cuánto? con la debida antelación. El tráfico no es más que el volumen de servicio requerido por los usuarios. Las necesidades de tráfico se deben expresar en *erlangs*.

### ***2.3.4. Optimización.***

El problema de diseño y dimensionado de una red mediante un número muy elevado de soluciones, tiene que hacerse de forma que todas ellas cumplan los objetivos de servicio:

satisfacer una demanda prevista con una determinada calidad de servicio. Sin embargo, cuando comparamos los costos implicados en cada una de las soluciones, podemos observar fuertes diferencias entre ellas.

El objetivo de la optimización de una red es encontrar entre todas las posibles soluciones la configuración óptima de la red para un criterio específico; en general, la red más económica.

### ***2.3.5. Flexibilidad.***

Flexibilidad de una solución del problema de optimización de la red debe entenderse como su capacidad de adaptación al cambio de condicionamientos y de necesidades.

Dos aspectos básicos componen esta característica de la red: uno técnico, respecto a las dificultades técnicas de la adaptación y otro económico, tomando en cuenta los costos incurridos por adaptar la red. En la práctica, el primer aspecto es parte del segundo.

La planificación de una red y en particular su dimensionado y optimización, están basadas en la información concerniente a la demanda que debe satisfacer la red. Esta demanda es resultado de una previsión y por lo tanto, tiene un cierto grado de incertidumbre y un riesgo de error.

### **2.4. Topología.**

La necesidad de crear una estructura que facilite la comunicación entre terminales, con el fin de compartir información, da origen al establecimiento de los medios adecuados como cables, equipos, software de comunicación, viniendo a constituir lo que se denomina topología de red. La topología de redes, no va a ser más que la estructura que conforma a los diferentes tipos de redes, los cuales se crean con el objetivo de mejorar su confiabilidad, velocidad y control del flujo de información que se genera y mueve en la red, evitando a toda costa, la congestión y la pérdida de información, esto define a los diferentes tipos de redes.

Existen varios tipos de topologías, definidas por su forma geométrica como son: estrella, anillo, bus, árbol y malla, así como también combinaciones de estas.

## 2.5. Formulación del problema.

El problema del diseño topológico de redes es genérico. Este puede ser interpretado como una tarea para optimizar la topología de un *backbone* para diversos tipos de redes de telecomunicaciones (Karás y Mysleck, 2002).

Entre los datos de entrada a tener en cuenta para la optimización tenemos:

- ❑ una lista de los nodos, donde los nodos de acceso y los nodos de tránsito son distinguidos,
- ❑ una lista de todas las conexiones permisibles entre nodos,
- ❑ demandas definidas entre nodos de acceso, que deben ser satisfechas,
- ❑ costos del enlace, un precio fijo de instalación del enlace y un costo variable (función de la capacidad del enlace),
- ❑ costos del nodo, un precio fijo en la instalación del nodo de tránsito.

Objetivos de la optimización:

- ❑ derivar un conjunto de nodos de tránsito necesarios,
- ❑ derivar un conjunto de enlaces de tránsito necesarios y de enlaces de acceso,
- ❑ encontrar una ruta óptima de demandas en la red,
- ❑ minimizar la función objetivo, en la cual se suman los costos de todos los enlaces y nodos instalados en la red.

## 2.6. Análisis de variantes.

Atendiendo a los objetivos del trabajo en cuestión, se procede al cálculo de variantes que generarán diversas propuestas de diseño, y en las cuales se hará una evaluación en cuanto a costos estimados de las soluciones para los requerimientos de la zona de estudio. Además, se realizará un análisis de factibilidad de la utilización de los diferentes soportes de transmisión en dichas propuestas. En este análisis se seguirá la metodología para la evaluación de una obra de planta exterior en la fase de Planeamiento Operativo.

### 2.6.1. Localización y cálculo estimado de la demanda.

Primero se procede a determinar la demanda de líneas por parcela, pues este dato es fundamental a la hora de diseñar la red en cuestión. Con la demanda localizada se podrá determinar qué tipos de soporte, cantidad de cable, ya sea fibra óptica o cobre, se utilizarán.

Para conocer la demanda de líneas en cada instalación hotelera, se tendrá en cuenta la Norma de Corrientes Débiles. Como los hoteles contarán con una pizarra telefónica interna, no será necesario la conexión de una línea directa a cada habitación que este tenga. Por lo tanto, según la norma referida, se calcula el 10% de las habitaciones que el hotel tenga y se le adiciona un margen a criterio, en este caso se tomarán 10 líneas. Esta será la cantidad aproximada de troncos o pares físicos de cobre a los que se deberá que dar servicio. Ejemplo:

El Hotel Rancho Luna tiene 225 habitaciones. El 10% es 22.5, que debe ser 23 por ser un número entero. A esto se le adiciona 10 y se obtiene 33, el cual es la cantidad de troncos a asignarle a este hotel.

A cada instalación extrahotelera, se le asignará una cantidad de líneas que estará sujeta a los servicios que esta brinde.

A los asentamientos rurales se le asignarán tantas líneas como casas o construcciones estos tengan, teniendo en cuenta además, una reserva de líneas para el crecimiento en la zona según los planes de desarrollo de la provincia en la región..

### ***2.6.2. Asignación de las líneas.***

La asignación de líneas se realizará proporcional a la demanda que cada parcela presente.

A continuación se podrá observar, por orden numeración, las parcelas(**P**), la instalación que albergan y el número de líneas asignadas.

**P-1** Hotel de playa. Habitaciones: 300

Líneas asignadas: 40.

**P-2** Centro Gastronómico Punta Barreras. Ofertará servicios de bar, cafetería y restaurante.

Líneas asignadas: 15

**P-3** Hotel Rancho Luna. Habitaciones: 225

Líneas asignadas: 35.

**P-4** Villa Turística. Habitaciones: 250.

Líneas asignadas: 35.

**P-5** Centro de Servicios Recreativo – Deportivo y de Salud. En esta zona entre los servicios que se ofertarán habrá un ciber-café, que tendrá un bar para 20 usuarios y un centro de información.

Líneas asignadas: 40.

**P-6** Hotel Faro Luna. Habitaciones: 111

Líneas asignadas: 25.

**P-7** Villa Rancho Luna. Habitaciones: 46

Líneas asignadas: 15.

**P-8** Asentamiento Rancho Luna (sector residencial). Viviendas: 71

Líneas asignadas: 71.

**P-9** Centro Comercial y de Servicios “Rancho Luna”. En esta parcela existirán una sucursal del BPA(Banco Popular de Ahorro) y un correo.

Líneas asignadas: 25.

**P-10** Conjunto Inmobiliario. Habitaciones: 315. Servicios de áreas deportivas, consultorio médico, parques, restaurante, cafetería, bar, tienda, gimnasio, salas de conferencias y eventos y centro nocturno.

Líneas asignadas: 45.

**P-11** Campo de Golf.

Líneas asignadas: 10.

**P-12** Delfinario.

Líneas asignadas: 10.

**P-13** Complejo Gastronómico “El Faro”. Servicios de restaurante, cafetería y bar-mirador.

Líneas asignadas: 10.

**P-14** Mirador “El Faro”. Instalación de vigilancia y señalización.

Líneas asignadas: 10.

**P-15** Parque Temático. Tendrá un centro de información, parque de diversiones, restaurantes, cafeterías, un centro recreativo y un museo, como sitios principales.

Líneas asignadas: 45.

**P-16** Centro Ecuestre. Como edificaciones, tendrá un local administrativo y un restaurante.

Líneas asignadas: 15.

**P-17** Complejo Recreativo Comercial “Pasacaballo viejo”. Opciones de bolera, bar-cafetería, juegos electrónicos, piscina y tienda.

Líneas asignadas: 25.



Para efectuar el agrupamiento, se tuvo en cuenta que la distancia entre las parcelas no sobrepasara el kilómetro con algunas excepciones.

**Grupo 1:** Parcelas 6, 7, 8, 9 y 12.

Demanda : 146 líneas.

**Grupo 2:** Parcelas 13, 14 y 15.

Demanda: 65 líneas.

**Grupo 3:** Parcelas 1, 2, 3, 4 y 5.

Demanda: 165 líneas.

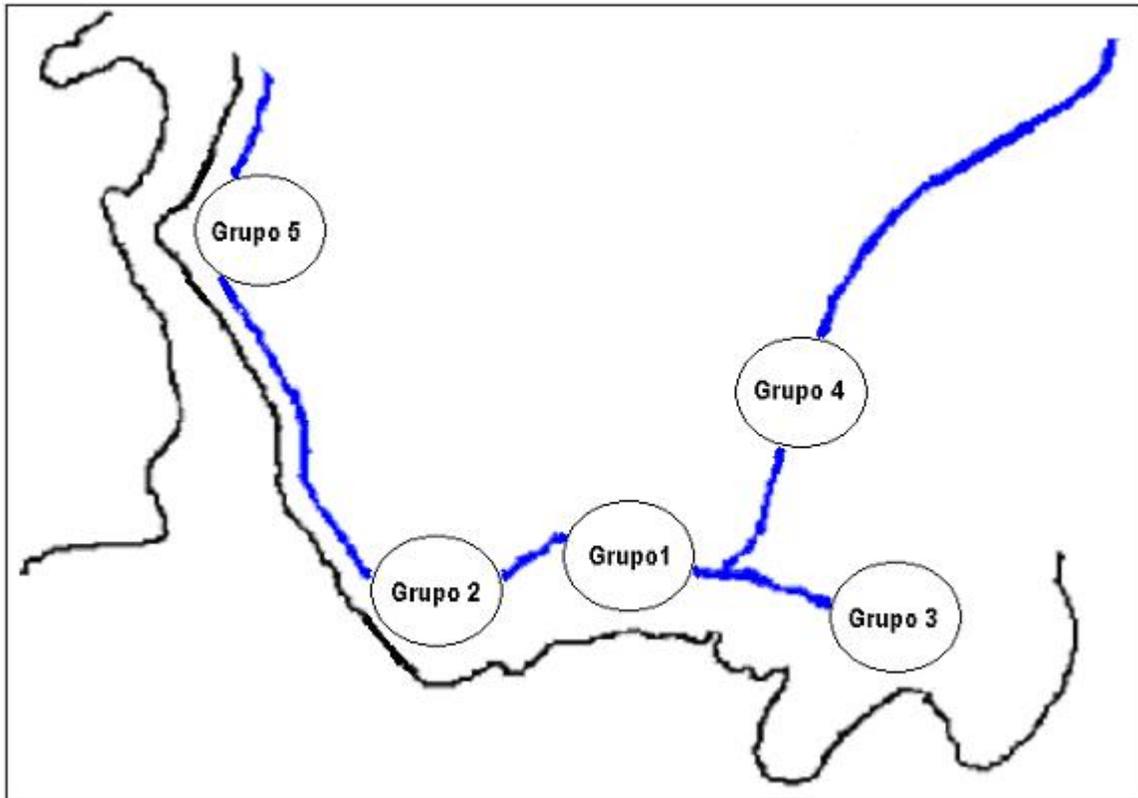
**Grupo 4:** Parcelas 10, 11 y 21.

Demanda: 242 líneas.

**Grupo 5:** Parcelas 16, 17, 18, 19 y 20.

Demanda: 134 líneas.

Los grupos se pueden observar en la **figura 2.2:**



**Figura 2.2. Grupos de parcelas.**

### **2.6.3. Costos paramétricos.**

El costo de ejecución de una obra de planta exterior (División de Ejecución de Obras de ETECSA, 2003) por parte de la División Ejecutora (costo de dieta, hospedaje, combustible y otros gastos en USD), se mide para las actividades de:

- ❑ Proyecto de la red y de las obras civiles.
- ❑ Certificación de la obra.
- ❑ Instalación de la red.
- ❑ Construcción de las obras civiles.
- ❑ Material de red relativo a red en cobre y a red óptica.

### **2.6.4. Variantes.**

Partiendo de que el propósito del diseño en cuestión es darle servicio de telecomunicaciones a una zona turística, por motivos de estética y seguridad a la red, la mayor parte de esta debe ser soterrada o enterrada en el caso de la fibra. Aunque se debe aprovechar la postería ya instalada en algunos casos con fines de minimizar los costos de construcción.

Como dato general a la hora de calcular los gastos en la instalación de la red en el acceso a las parcelas y teniendo en cuenta que la red primaria se diseña paralela a la red vial, se tomarán 200 metros como la distancia promedio que tendrá este acceso a cada parcela. Estas redes serán la mayoría soterradas, por las razones antes expuestas.

También, como nodo central de la red se tomará el **Grupo1**, por encontrarse dentro de este la instalación de ETECSA desde donde fue tomada la distancia hasta la Central Local, en la ciudad de Cienfuegos. Esta distancia es de 17 Km.

Utilizando los datos de las tablas del anexo 1, se procede al cálculo de los costos paramétricos y su análisis en cada parcela o grupo y escoger la variante óptima.

En ninguno de los casos se calculará el costo de los gastos de dieta y hospedaje, pues los trabajos serán realizados por la División Ejecutora de la provincia.

#### **2.6.4.1. Variante de diseño 1.**

En esta variante de diseño será utilizado como nodo de tránsito de la zona un Concentrador Satélite Numérico de Alta Densidad (CSNHD) o URA, como se le llama comúnmente, tecnología ALCATEL 1000E10.

Este CSNHD (*Concentrator Satellite Numeric High Density*) será colocado en la instalación de ETECSA que se encuentra en la periferia del Hotel Faro Luna ubicado en el grupo uno de la zona de diseño.

Por ser esta una zona turística en pleno desarrollo y con proyecciones de una futura expansión, el CSNHD a instalar será de 2048 líneas a un costo de 200 USD/línea (ETECSA, 2001a), sumado esto al costo del equipo terminal de transmisión (ETECSA, 2001b) que es de 22000 USD (dólar estadounidense). Se obtiene:

$$\text{Costo del CSNHD} = 2048 \text{ línea} \times 200 \text{ USD/línea} + 22000 \text{ USD} = 431\ 600 \text{ USD.}$$

### **Grupo1.**

Este grupo, compuesto por cinco parcelas, posee la particularidad de que por encontrarse en el centro de la red, los cables de acceso al servicio de cada una de ellas son conectados directamente al CSNHD, estableciéndose un área de conexión directa (CONDIR). Esta conexión se realizará a través de un cable primario de 400 pares que saldrá directamente del MDF (*Main Distribution Frame*) del CSNHD, el cual proveerá el servicio a los distintos cables secundarios que requiera cada parcela, por lo que no es necesario la implementación de un gabinete subrepartidor u otro tipo de distribuidor para las parcelas de esta zona.

Por lo anteriormente dicho, en este grupo solo se calcularán los costos de la red secundaria que da el acceso al servicio a las parcelas y del cable primario, el cuál será soterrado.

Como las distancias de las redes secundarias hacia cada parcela son de 200 metros, aproximadamente, en este caso como son cinco las parcelas analizadas, se multiplicará por dicho número el costo de cada parámetro estudiado.

Los cálculos serán realizados tomando en cuenta que estas redes son todas soterradas.

#### **Costo de proyecto de la red y de las obras civiles. ( C.P.)**

La evaluación paramétrica del costo del proyecto se obtiene multiplicando las cantidades de un proyecto (Km cable de red primaria y secundaria y Km soterrado para la red de cobre, Km cable y Km enterrado para la red óptica) por los costos unitarios indicados en la tabla 1 del anexo1.

$$134 \text{ USD/Km sot} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 = 134 \text{ USD.}$$

#### **Costo de instalación de la red. ( C.I.)**

La evaluación paramétrica del costo de instalación (red en cobre y óptica) por parte de la División Ejecutora de la Empresa se obtiene multiplicando las cantidades de Km de cable (primario y secundario para la red en cobre aérea, Km de red óptica soterrada, enterrada y aérea), por los costos unitarios indicados en la tabla 2 del anexo 1.

$$185 \text{ USD/Km cable Soterrado} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 = 185 \text{ USD.}$$

**Costo de construcción de obras civiles. ( C.Co.)**

Con la construcción de soterrados de dos conductos se satisface la demanda de estructura de cada parcela, que solo usarán un conducto y quedará uno para usos posteriores.

La evaluación paramétrica del costo para la construcción de soterrados por parte de la División Ejecutora de la Empresa se obtiene multiplicando las cantidades de Km de soterrado por los costos unitarios indicados en la tabla 3 del anexo 1, con relación al número de conductos.

$$35900 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 = 35900 \text{ USD.}$$

**Costo de certificación de la obra. ( C.Ce.)**

La evaluación paramétrica del costo de certificación de la obra se obtiene multiplicando las cantidades de Km cable (red primaria + red secundaria) y Km soterrado (soterrado principal más acometidas laterales) para la red de cobre, Km cable y Km enterrado para la red óptica, por los costos unitarios indicados en la tabla 4 del anexo 1.

$$862 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 + 550 \text{ USD} = 1412 \text{ USD.}$$

**Costo de material de red. ( C.M.)**

Se analizará la demanda de cada parcela y la cantidad de pares de cobre que cada una necesita, tratando siempre que el cable asignado supere la demanda para las labores de la operación y el mantenimiento ( un par de reserva por cada 10 instalados) y crecimientos futuros.

La evaluación del costo del material de red se obtiene multiplicando la cantidad aproximada en metros de los materiales fundamentales necesarios para la ejecución de la Obra, por parte de la de la División Ejecutora por los costos unitarios indicados en la tabla 5 del anexo 1.

El cable usado en soterramiento es de polietileno.

$$\text{P-6} \quad \text{demanda} = 25 \quad \text{cable de 30 pares} \quad 0.63 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} = 126 \text{ USD.}$$

$$\text{P-7} \quad \text{demanda} = 15 \quad \text{cable de 20 pares} \quad 0.56 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} = 112 \text{ USD.}$$

**P-8** demanda = 71 cable de 100 pares  $1.77 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} = 354 \text{ USD}$ .

**P-9** demanda = 25 cable de 30 pares  $0.63 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} = 126 \text{ USD}$ .

**P-12** demanda = 10 cable de 20 pares  $0.56 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} = 112 \text{ USD}$ .

Sumando los costos nos queda que:

**$C.M. = 830 \text{ USD}$ .**

El costo total es:

**$C.T.I. = C.P. + C.I. + C.Co. + C.Ce. + C.M.$**

**$C.T.I. = 134 \text{ USD} + 185 \text{ USD} + 35900 \text{ USD} + 1412 \text{ USD} + 830 \text{ USD}$ .**

**$C.T.I. = 38461 \text{ USD}$ .**

El cable de 400 pares que sale del concentrador será soterrado alrededor de 200 metros y el costo de su instalación es:

**$C.P. = 134 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} = 26.8 \text{ USD}$ .**

**$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} = 37 \text{ USD}$ .**

**$C.Co = 35900 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} = 7180 \text{ USD}$ .** ( soterrado de dos conductos)

**$C.Ce. = 862 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 722.4 \text{ USD}$ .**

**$C.M. = 5.17 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} = 1034 \text{ USD}$ .** (polietileno)

**$C.T. = 9000.2 \text{ USD}$ .**

**Costos totales para el Grupo1.**

**$C.T.G1. = C.TI. + C.T.$**

**$C.T.G1. = 38461 \text{ USD} + 9000.2 \text{ USD}$ .**

**$C.T.G1. = 47461.2 \text{ USD}$ .**

## **Grupo2.**

Este grupo está compuesto solo por tres parcelas y se encuentra a 2.5 Km del grupo1, donde se encuentra el CSNHD.

Para la construcción de la red secundaria de este grupo se analizaron dos variantes de las cuales escogeremos la óptima, en este caso, de acuerdo al criterio económico de minimizar los costos.

### **Soterrada.**

En esta variante se utiliza un gabinete subrepartidor de 1200 pares, el cual le dará servicio a dicho grupo. Este será alimentado desde del CSNHD con un cable de 400 pares de cobre y

podrá dar servicio de conexión de hasta 500 líneas. Por ser considerada primaria la red del CSNHD hasta el gabinete, esta será soterrada.

***Costo del gabinete subrepartidor = 774.54 USD.***

***C.P. = 134 USD/Km x 2.5 Km = 335 USD.***

***C.I. = 185 USD/Km x 2.5 Km = 462.5 USD.***

***C.Co. = 35900 USD/Km x 2.5 Km = 89750 USD.*** ( se utiliza un soterrado de dos conductos)

***C.Ce. = 862 USD/Km x 2.5 Km + 550 USD = 2705 USD.***

***C.M. = 5.17 USD/m x 2500 m = 12925 USD.*** (se utiliza cable de polietileno de 400 pares)

***C.T.V1. = 106952.04 USD.***

### **Aérea.**

Esta variante estará muy ligada al diseño adoptado para el grupo uno, pues la idea es aprovechar el cable de 400 pares que sale del MDF y que le da servicio a las parcelas de dicho grupo. El objetivo en cuestión es instalar, a través de la postería existente, un cable de cobre aéreo que será empataado con el cable de 400 pares ya referido y llegue hasta el grupo dos, permitiéndole el acceso a la red a las parcelas 13, 14 y 15. Como la distancia que separa al grupo dos del uno es de 2.5 Km la conexión mediante un cable de cobre calibre 0.4 mm es factible (ETECSA, 2002).

Para determinar la capacidad de este cable, primero se sumará la demanda de esta parcela y determinará de cuántos pares son los cables de sus respectivas redes secundarias.

**P-13** demanda = 10 cable de 20 pares.

**P-14** demanda = 10 cable de 20 pares.

**P-15** demanda = 45 cable de 50 pares.

Por tanto, analizándose la situación, se debe utilizar un cable de 100 pares para dar un correcto servicio a la zona. Se calculará los costos de la instalación aérea del cable.

***C.I. = 180 USD/Km x 2.5 Km = 450 USD.***

***C.M. = 1.60 USD/Km x 2500 m = 4000 USD.*** (cable autosoportado de 100 pares)

***C.T.V2 = 4450 USD.***

La diferencia de precio entre una variante y otra es de **102502.04 USD**, por lo que se decide adoptar como solución la segunda opción. Otra de las razones por la que se escoge la

segunda variante es que se estaría subutilizando un gabinete subrepartidor en la zona con una demanda de solo 90 líneas, pues como vimos en el análisis, con un cable de 100 pares instalado aéreamente se resuelve el problema, además, las restricciones del ordenamiento territorial permiten dicha instalación. Otra razón que da al traste con la instalación del gabinete es que al instalarlo, el alimentador debe ser preferentemente soterrado, multiplicando ostensiblemente el costo de la instalación.

Calculando los costos de las respectivas redes secundarias se obtiene:

$$C.P. = 134 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 3 = 80.4 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 3 = 111 \text{ USD.}$$

$$C.Co = 35900 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 3 = 21540 \text{ USD. ( soterrado de dos conductos)}$$

$$C.Ce. = 862 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 3 + 550 \text{ USD} = 1067.2 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 0.56 \text{ USD/Km} \times 200 \text{ m} \times 2 + 0.986 \text{ USD/Km} \times 200 \text{ m} = 421.2 \text{ USD.}$$

( calculado para dos cables de 20 pares y uno de 50, todos de polietileno)

$$C.T. = 23219.8 \text{ USD.}$$

Los gastos en que se incurre al empatar los cables de las respectivos cables secundarios con el cable primario están incluidos en los cálculos realizados.

Sumando estos costos a los de la variante se obtiene como resultado.

$$C.T.G2. = 28639.8 \text{ USD.}$$

### Grupo3.

Este posee cinco parcelas a las cuales se les instalará un gabinete subrepartidor, a través del cual accederán a todos los servicios disponibles en la red. Para instalar el alimentador del gabinete se utilizará un soterrado de cuatro conductos, pues por este también se introducirá el cable secundario que conectará a las parcelas cuatro y cinco con la red primaria de distribución. El gabinete será colocado en el centro de las parcelas uno, dos y tres de forma tal que la distancia promedio a estas sea de 200 metros. Dicho gabinete estará a 2.5 Km del CSNHD. Las parcelas cuatro y cinco quedarán a 1 Km y 700 metros respectivamente.

Calculando los costos de la instalación se obtiene:

$$\text{Costo del gabinete subrepartidor} = 774.54 \text{ USD.}$$

$$C.P. = 134 \text{ USD/Km} \times 2.5 \text{ Km} = 335 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 2.5 \text{ Km} = 462.5 \text{ USD.}$$

**$C.Co. = 38490 \text{ USD/Km} \times 2.5 \text{ Km} = 96\ 225 \text{ USD.}$**  ( utilizando un soterrado de cuatro conductos)

**$C.Ce. = 862 \text{ USD/Km} \times 2.5 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 2\ 705 \text{ USD.}$**

**$C.M. = 5.17 \text{ USD/m} \times 2500 \text{ m} = 12\ 925 \text{ USD.}$**  (utilizando cable de polietileno de 400 pares)

**$C.T.1. = 113\ 427.04 \text{ USD.}$**

El tipo de cable a utilizar en la red secundaria de cada parcela será:

**P-1** demanda = 40 cable de 50 pares

**P-2** demanda = 15 cable de 20 pares

**P-3** demanda = 35 cable de 50 pares

**P-4** demanda = 35 cable de 50 pares

**P-5** demanda = 40 cable de 50 pares

De este análisis se deduce que el cable conector de las parcelas cuatro y cinco con el gabinete será de 100 pares, el cual, como se aclaró anteriormente utilizará para su instalación el soterrado hecho para el alimentador que viene desde el CSNHD, pues no es lógico en términos de costo ni de infraestructura construir otro soterrado para un solo cable si ya existe uno que puede ser aprovechado. Por lo que los costos de este cable se reducen a costos de instalación y costos de material. La longitud de este es 1 Km, pues esta es la distancia que separa a la parcela cuatro del gabinete subrepartidor.

**$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 1.0 \text{ Km} = 185 \text{ USD.}$**

**$C.M. = 1.77 \text{ USD/m} \times 1000 \text{ m} = 1770 \text{ USD.}$**  (Se utiliza cable de polietileno de 100 pares)

Costo de las redes secundarias:

**$C.P. = 134 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 = 134 \text{ USD.}$**

**$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 = 185 \text{ USD.}$**

**$C.Co = 35900 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 = 35900 \text{ USD.}$**  ( soterrado de dos conductos)

**$C.Ce. = 862 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 + 550 \text{ USD} = 1412 \text{ USD.}$**

**$C.M. = 0.56 \text{ USD/Km} \times 200 \text{ m} + 0.986 \text{ USD/Km} \times 200 \text{ m} \times 4 = 900.8 \text{ USD.}$**

( calculado para cuatro cables de 50 pares y uno de 20, todos de polietileno)

**$C.T. = 38531.8 \text{ USD.}$**

Los gastos de empate de los cables están incluidos en los cálculos.

Sumando los costos se obtiene:

***C.T.G3. = 153913.84 USD.***

**Grupo4.**

El grupo cuatro compuesto de tres parcelas tendrá instalado también un gabinete subrepartidor de 1200 pares, el cual se encontrará a 1.5 Km del concentrador digital. Este será colocado de tal forma que la distancia de él a las parcelas 10 y 11, las cuales se encuentran situadas una al lado de la otra, no exceda los 200 metros. No obstante, la parcela 21 se encuentra a 1,5 Km del gabinete.

El soterrado del alimentador de este gabinete será de cuatro conductos, pues por dicho soterrado también pasará el cable de fibra óptica que viene desde el Nodo de Telecomunicaciones Principal en Cienfuegos, y que será el enlace físico con el CSNHD.

Los costos de la instalación del gabinete son:

***Costo del gabinete subrepartidor = 774.54 USD.***

***C.P. = 134 USD/Km x 1.5 Km = 201 USD.***

***C.I. = 185 USD/Km x 1.5 Km = 277.5 USD.***

***C.Co. = 38490 USD/Km x 1.5 Km = 57735 USD.*** ( se utiliza un soterrado de cuatro conductos

***C.Ce. = 862 USD/Km x 1.5 Km + 550 USD = 1843 USD.***

***C.M. = 5.17 USD/m x 1500 m = 7755 USD.*** (se utiliza cable de polietileno de 400 pares)

***C.T1. = 68586.04 USD.***

Los cables que necesita cada parcela para su red secundaria son:

**P-10** demanda = 45 cable de 50 pares.

**P-11** demanda = 10 cable de 20 pares.

**P-21** demanda = 187 cable de 200 pares.

Los costos de las redes secundarias de las parcelas 10 y 11 son:

***C.P. = 134 USD/Km x 0.2 Km x 2 = 53.6 USD.***

***C.I. = 185 USD/Km x 0.2 Km x 2 = 74 USD.***

***C.Co. = 35900 USD/Km x 0.2 Km x 2 = 14360 USD.*** ( soterrado de 2 conductos)

***C.Ce. = 862 USD/Km x 0.2 Km x 2 + 550 USD = 894.8 USD.***

***C.M. = 0.56 USD/Km x 200 m + 0.986 USD/Km x 200 m = 309.2 USD.***

( calculado para un cable de 50 pares y uno de 20, ambos de polietileno)

$$C.T2. = 15961.6 \text{ USD.}$$

Los gastos de empate de los cables están incluidos en los cálculos.

En el caso de la parcela 21, donde se encuentra la comunidad rural “Mártires de Barbados”, al encontrarse esta a 1.5 Km del gabinete, se analizó dos variantes de hacer llegar el cable secundario: aéreo o soterrado.

**Variante soterrada.**

$$C.P. = 134 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} = 201 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} = 277.5 \text{ USD.}$$

$$C.Co. = 35900 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} = 53850 \text{ USD. ( soterrado de dos conductos)}$$

$$C.Ce. = 862 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 1843 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 2.79 \text{ USD/Km} \times 1500 \text{ m} = 4185 \text{ USD. ( cable de polietileno de 200 pares)}$$

$$C.T.V1 = 60356.5 \text{ USD.}$$

**Variante aérea.**

En esta variante se utiliza la postería ya instalada en la zona;

$$C.I. = 180 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} = 270 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 3.32 \text{ USD/Km} \times 1.500 \text{ m} = 4980 \text{ USD. (cable autoportado de 200 pares)}$$

$$C.T.V2 = 5250 \text{ USD.}$$

Aquí se puede apreciar, que como ocurrió en el grupo dos, la diferencia de costos entre las variantes aérea y soterrada es sumamente grande. En este caso de **55106.5 USD**, por tanto se escoge la segunda, pues la red secundaria no necesita la seguridad que si requiere la primaria, la cual constituye el elemento de interconexión del punto subrepartidor y el nodo terminal. Además, por este pasa el grueso del tráfico de una red de telecomunicaciones.

Como en los demás grupos, los gastos de empate de los cables están incluidos en los cálculos.

Los costos totales referentes a las instalaciones de cables y equipos de este grupo son:

$$C.T.G4. = C.T1. + C.T2. + C.T.V2.$$

$$C.T.G4. = 89797.64 \text{ USD.}$$

**Grupo5.**

Este grupo de parcelas se encuentra alejado a seis Km del CSNHD. Dadas las características de atenuación del cable utilizado en la distribución de las redes locales

(calibre 0.4 mm), la normación de su uso hasta los 4.2 Km, y la no factibilidad de instalación de calibres mayores en la red por la cantidad de servicios a considerar, se propone instalar en esa zona un Concentrador Remoto del CSNHD enlazado por fibra óptica, el cual fungirá como nodo de tránsito para estas parcelas. La fibra óptica que se usará para esta instalación será simplemodo, pues este tipo de fibra es la que se utiliza para las aplicaciones de voz, datos y video(Central Washington University, 2001)

Este Concentrador Remoto constará de 512 líneas, la conexión de este con las parcelas no se realizará a través de un cable alimentador de 400 pares rígido (CONDIR), como se hizo para el grupo uno, sino que para optimizar el número de pares distribuidos se realizará una red flexible.

Para flexibilizar esta red, a la salida del cable de 400 pares se colocará un gabinete subrepartidor. El gabinete da la posibilidad de incrementar o eliminar abonados y de gestionar el lugar de instalación de los mismos con más facilidad y ahorro de recursos, pues los cables secundarios serían más cortos y por tanto más baratos.

Como se explicó anteriormente, el Concentrador Remoto es enlazado a través de fibra con el CSNHD. La longitud del cable es de seis Km y su instalación puede ser de dos formas: soterrado o enterrado, nunca aéreo teniendo en cuenta que pertenece a la red primaria de distribución. De las dos nos quedaremos en este caso con la más económica.

Analizando ambas variantes tenemos:

**Soterrado.**

$$C.P. = 315 \text{ USD/Km} \times 6 \text{ Km} = 1890 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 6 \text{ Km} = 1110 \text{ USD.}$$

$$C.Co. = 35900 \text{ USD/Km} \times 6 \text{ Km} = 215400 \text{ USD. ( soterrado de dos conductos)}$$

$$C.Ce. = 135 \text{ USD/Km} \times 6 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 1360 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 4.23 \text{ USD/m} \times 6000 \text{ m} = 25380 \text{ USD. ( cable de 12 fibras)}$$

$$C.T.So. = 245140 \text{ USD.}$$

**Enterrado.**

$$C.P. = 315 \text{ USD/Km} \times 6 \text{ Km} = 1890 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 60 \text{ USD/Km} \times 6 \text{ Km} = 360 \text{ USD.}$$

$$C.Co. = 6875 \text{ USD/Km} \times 6 \text{ Km} = 41250 \text{ USD. ( usando tritubo)}$$

La evaluación paramétrica del costo de enterramiento de un tritubo para la instalación de un cable óptico enterrado se obtiene multiplicando la cantidad de Km de tritubo enterrado por el costo unitario indicado en la tabla 3 del anexo 1.

$$C.Ce. = 135 \text{ USD/Km} \times 6 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 1360 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 4.23 \text{ USD/m} \times 6000 \text{ m} = 25380 \text{ USD. ( cable de 12 fibras)}$$

$$C.T.En. = 70240 \text{ USD.}$$

Como se aprecia, con la fibra óptica sucede lo mismo que pasaba con el cable de cobre donde los precios de soterramiento son elevadísimos. En este caso la diferencia de precios del soterrado con el enterrado es de **174900 USD**, por lo que la técnica que se empleará en la instalación del cable de fibra será la de enterramiento que también es segura y menos costosa.

El costo del concentrador es el mismo que el del CSNHD, o sea, 200 USD por línea, sumándose a este costo el de transmisión que es de 22000 dólares.

$$\text{Costo del concentrador} = 512 \times 200 \text{ USD} + 22000 \text{ USD} = 124400 \text{ USD.}$$

La instalación del gabinete será a 200 m del concentrador y tendrá los siguientes gastos:

$$\text{Costo del gabinete subrepartidor} = 774.54 \text{ USD.}$$

$$C.P. = 134 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} = 26.8 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} = 37 \text{ USD.}$$

$$C.Co. = 35900 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} = 7180 \text{ USD. ( soterrado de dos conductos)}$$

$$C.Ce. = 862 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 722.4 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 5.17 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} = 1034 \text{ USD. (cable de polietileno de 400 pares)}$$

$$C.T1. = 9774.74 \text{ USD.}$$

El enlace por cable de cobre desde el gabinete hacia la parcela 16 se extiende a 2.5 Km, mientras que para las parcelas 19 y 20 es de 1.5 Km. La instalación del cable de cobre hasta la parcela 16 será aérea aprovechando la postería instalada en la zona, ya que un soterramiento sería un innecesario derroche de recursos, toda vez que esta es la técnica más cara de instalación.

Los cables necesitados según la demanda de las parcelas son los siguientes:

**P-16** demanda =15 cable de 20 pares

**P-17** demanda =25 cable de 30 pares

**P-18** demanda =30 cable de 50 pares

**P-19** demanda =35 cable de 50 pares

**P-20** demanda =29 cable de 50 pares

Los costos de la instalación del cable soterrado que irá hacia las parcelas 19 y 20 son los siguientes:

$$C.P. = 134 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} = 201 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} = 277.5 \text{ USD.}$$

$$C.Co. = 35900 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} = 53850 \text{ USD. ( soterrado de 2 conductos)}$$

$$C.Ce. = 862 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 1843 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 1.77 \text{ USD/m} \times 1500 \text{ m} = 2655 \text{ USD. (cable de polietileno de 100 pares)}$$

$$C.TI. = 58826.5 \text{ USD.}$$

Como la parcela 16 será enlazada con un cable instalado aéreo en una zona donde ya existe postiería, los costos se reducen a instalación y material.

$$C.I. = 29 \text{ USD/Km} \times 2.5 \text{ Km} = 72.5 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 0.763 \text{ USD/m} \times 2500 = 1907.5 \text{ USD.}$$

Los costos de las redes secundarias de las cinco parcelas en cuestión son:

$$C.P. = 134 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 = 134 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 = 185 \text{ USD.}$$

$$C.Co = 35900 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 = 35900 \text{ USD. ( soterrado de dos conductos)}$$

$$C.Ce. = 862 \text{ USD/Km} \times 0.2 \text{ Km} \times 5 + 550 \text{ USD} = 1412 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 0.56 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} + 0.63 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} + 0.986 \text{ USD/m} \times 200 \text{ m} \times 3$$

$$C.M. = 829.6 \text{ USD.}$$

( calculado para tres cables de 50 pares, uno de 20 y uno de 30, todos de polietileno)

$$C.T. = 38460.6 \text{ USD.}$$

Los gastos en este grupo fueron de **233441.84 USD.**

### **Enlace por fibra desde la Central Local.**

El enlace físico desde el Nodo Principal hasta el CSNHD será mediante fibra óptica, pues el enlace por cobre sería hoy, ilógico. Recordemos que la distancia es de 17 Km.

Por ser el soporte principal de transmisión de la red, la instalación será bajo tierra donde la seguridad es mayor. Instalado de esta forma, el cable es protegido de cualquier incidente ya sea intencional o no, como son: quema de pastos por los campesinos, ciclones tropicales,

accidentes automovilísticos que pueden derribar postes telefónicos, hechos vandálicos de roba de cables e incluso de acciones contrarrevolucionarias.

La técnica que emplearemos será de enterramiento y no soterramiento, pues ya se ha comprobado que los costos de esta última técnica multiplican a los de cualquier otra.

En el trayecto escogido para efectuar dicho enterramiento, se encuentra el soterrado propuesto para alimentar el gabinete subrepartidor que le da acceso a la red a las parcelas 10, 11 y 21. Como este soterrado va directamente al concentrador principal, es de cuatro conductos y solamente hay uno ocupado con el cable de 400 pares del alimentador, podrá utilizarse para pasar por dentro de él parte del cable de fibra y hacer menor el enterrado, abaratando los costos del proyecto. Por lo tanto el tritubo para enterrar tendrá ahora 15.5 Km, pues el soterrado ya construido alcanza los 1.5 Km.

Los costos de la instalación usando enterramiento durante 15.5 Km son:

$$C.P. = 315 \text{ USD/Km} \times 15.5 \text{ Km} = 4882.5 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 60 \text{ USD/Km} \times 15.5 \text{ Km} = 930 \text{ USD.}$$

$$C.Co = 6875 \text{ USD/Km} \times 15.5 \text{ Km} = 106562.5 \text{ USD. (tritubo)}$$

$$C.Ce. = 135 \text{ USD/Km} \times 15.5 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 2642.5 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 4.23 \text{ USD/m} \times 15500 \text{ m} = 65565 \text{ USD. (cable de 12 fibras)}$$

$$C.En. = 180582.5 \text{ USD.}$$

Para los 1.5 Km de fibra soterrada solo se hallan los costos de instalación y del material:

$$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 1.5 \text{ Km} = 277.5 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 4.23 \text{ USD/m} \times 1500 \text{ m} = 6345 \text{ USD. (cable de 12 fibras)}$$

$$C.So. = 6622.5 \text{ USD.}$$

Sumando ambos resultados nos queda:

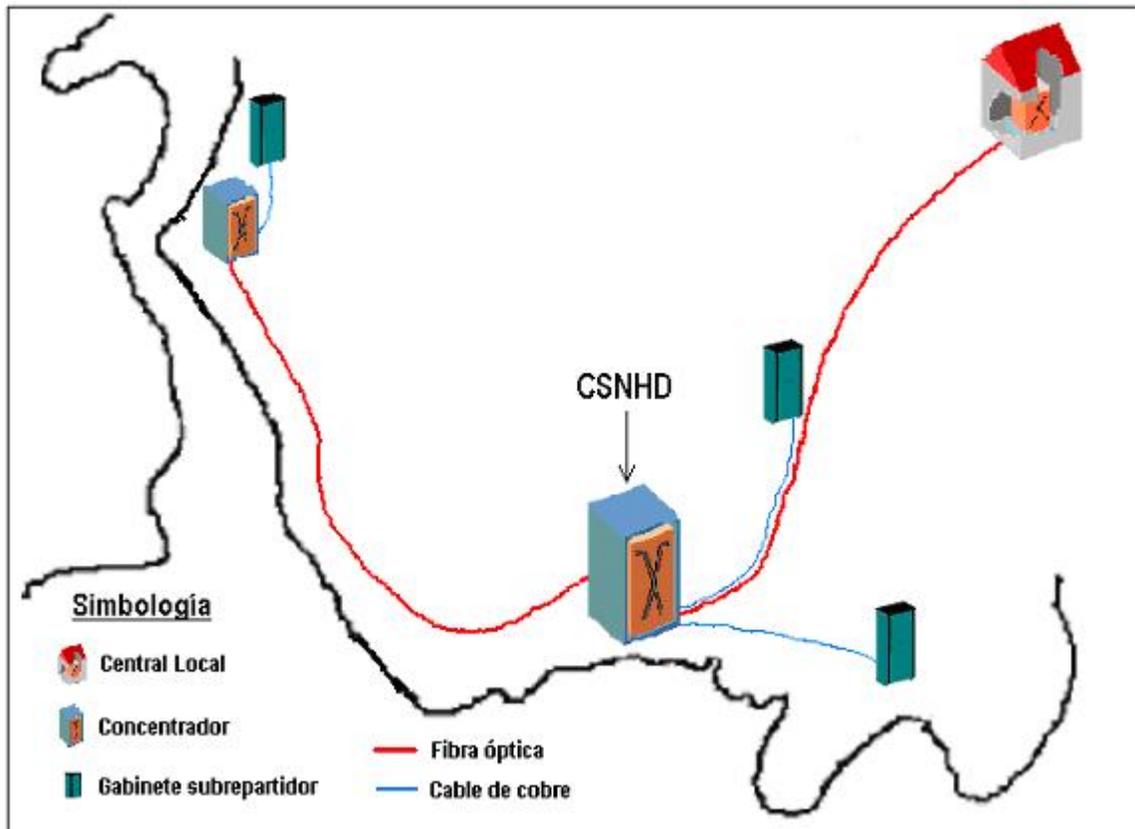
$$C.T. = 187205 \text{ USD.}$$

#### **Costo total en USD de la variante de diseño 1.**

El costo total de esta variante en la que fue usado Concentrador Satélite Numérico de Alta Densidad como nodo de tránsito de la red y otros equipos como gabinetes subrepartidores de 1200 pares y un Concentrador Remoto de 512 líneas con sus correspondientes cables de enlaces físicos, fue de **1 172 059.32 USD.**

**Representación gráfica.**

A continuación, en la **figura 2.3**, se muestra el diseño topológico resultante de la variante de diseño uno, donde se puede apreciar perfectamente la topología en estrella que presenta la red, al presentar en el centro de la misma el CSNHD que se va a desempeñar como nodo central y gestor de la red. El CSNHD tendrá conectados directamente a él los distintos gabinetes subrepartidores y el concentrador remoto del grupo cinco que cumplirán la función de nodos de acceso.



**Figura 2.3. Variante de diseño 1.**

**2.6.4.2. Variante de diseño 2.**

En esta variante de diseño, se utilizará para instalar la red de acceso el sistema HONET creado por la compañía china Huawei. Este sistema tiene como características que no emplea como nodo de tránsito los ya conocidos CSNHD u otro tipo de concentradores. El sistema HONET es un elemento para una red de acceso de servicios integrados (Huawei Technologies Co., Ltd., 2001) que presenta una estructura jerárquica modular en *hardware*, la cual está compuesta de un Terminal de Línea Óptico (OLT) y múltiples ONUs (Unidad

Óptica de Red). El OLT(figura 3 del anexo 2) se instala en la misma Central Local (LE) y a través de varios ODN (Red de Distribución con el ONU) es enlazado con el ONU, el cual es el terminal remoto que conecta directamente al abonado con la red. El OLT es el punto convergente de los servicios de video, voz y datos en la red. Además suministra interfaces SNI correspondiente a varios nodos de servicio.

El sistema tiene la característica que su funcionamiento es totalmente sobre fibra óptica. La LE se enlaza, a través de interfaces V5 y mediante fibra, con el OLT y este a su vez con los ONUs también por fibra. Un OLT le puede dar servicio hasta 63 ONUs y un ONU hasta 500 abonados aproximadamente en una configuración básica, aunque estos pueden llegar hasta 1056 líneas. Estos equipos tienen la característica de que son fabricados con la transmisión óptica integrada (SDH).

Para el diseño solo se deberá tener en cuenta la instalación de los ONUs necesarios, pues en el Nodo Principal de Cienfuegos ya existe un OLT, el cual le está proporcionando servicio a un solo ONU, que se encuentra en el reparto ciudadano de Caonao.

El análisis de costos para esta variante de diseño se realizará de forma semejante a la anterior, calculando los costos de instalación de cables y equipos por grupo y sumándolos todos al final.

#### **Grupo4.**

Aquí se comenzará por el grupo cuatro, que es el primero que se localiza partiendo desde el OLT hacia la zona de estudio.

En la misma posición donde anteriormente fue instalado un gabinete subrepartidor de 1200 pares, ahora se ubicará un ONU de 500 líneas al cual se le configurarán 320 líneas o 40 tarjetas modulares de abonados, las cuales son suficientes para cubrir la zona estudiada y servir de repuesto por si alguna falla.

El costo del ONU es de 300 USD por línea, por tanto:

$$\text{Costo del ONU} = 300 \text{ USD/línea} \times 320 \text{ líneas} = \mathbf{96000 \text{ USD.}}$$

La instalación de las redes secundarias de cada parcela en esta variante de diseño es la misma que la usada en la **variante de diseño 1**, por lo que los costos son los mismos calculados anteriormente.

$$\text{Costo de las redes secundarias de las parcelas 10 y 11.}$$

***C.T4. = 15961.6 USD.***

***Costo de la red secundaria de la parcela 21.***

***C.T.21 = 5250 USD.***

El costo total del grupo es de:

***C.T.G4. = 117 211.6 USD.***

### **Grupos 1 y 2.**

Como en la **variante de diseño 1** se decidió que el grupo dos tendría su red secundaria de acceso conectada directamente en el CSNHD, para este caso mantendremos la solución obtenida en dicha variante, solo que ahora donde había un concentrador hay un ONU.

El ONU de esta zona tendrá 360 líneas activadas o 45 tarjetas modulares de abonados, pues los pares de cobres conectados a ella son 290.

***Costo del ONU = 300 USD/línea x 360 líneas = 108000 USD.***

***Costo de las redes secundarias de las parcelas 6, 7, 8, 9 y 12.***

***C.TG1. = 38461 USD.***

***Costo de la red secundaria de las parcelas 13, 14 y 15.***

***C.T.G2. = 28639.8 USD.*** (aquí va sumado el costo de instalación del cable que va desde el ONU hasta las redes secundarias de las parcelas 13, 14 y 15)

El costo total es de:

***C.T.G12. = 175 100.8 USD.***

### **Grupo3.**

Este grupo presenta 220 pares a conectar, por tanto se le configurarán al ONU correspondiente 264 líneas o 33 tarjetas de abonados, para posibles fallas o expansión en la zona. Aquí tampoco se realizarán cambios a los diseños hechos para las respectivas redes secundarias de cada parcela en la **variante de diseño 1**.

***Costo el ONU = 300 USD/línea x 264 líneas = 79200 USD.***

***Costo de las redes secundarias de las parcelas.***

***C.T3. = 38531.8 USD.***

A estos gastos hay que adicionarle el de la instalación del cable que sale desde el ONU hacia las parcelas cuatro y cinco, el cual será empatado con las redes secundarias de dichas

parcelas permitiéndole el acceso a los servicios disponibles en la red. En estos cálculos no se incluirán los del soterrado del cable, pues será analizado más adelante. Este costo es de **1955 USD.**

Los gastos del grupo ascienden a:

$$**C.T.G3 = 119 686.8 USD.**$$

### **Grupo5.**

El ONU de este grupo será de 256 líneas o 32 tarjetas modulares de abonados, pues serán 200 los pares de cobre a conectar. Aquí también se mantendrá el criterio adoptado para los demás grupos con respecto a las redes secundarias de las parcelas.

$$**Costo del ONU = 300 USD/línea x 256 líneas = 76800 USD.**$$

**Costo de las redes secundarias.**

$$**C.T5. = 38460.6 USD.**$$

A estos costos hay que adicionarle los que se obtuvieron al instalar el cable de cobre desde el ONU hasta las redes secundarias de las parcelas 19 y 20, el cual fue soterrado, y los costos de instalación del cable aéreo hacia la parcela 16.

$$**C.T.19y20 = 58826.5 USD.**$$

$$**C.T.16 = 1980 USD.**$$

El costo total de este grupo fue:

$$**C.T.G5. = 176 067.1 USD.**$$

### **Enlace por fibra del sistema.**

Como se expuso anteriormente, el sistema HONET usa como soporte físico fibra óptica en toda su extensión. Por su seguridad, la instalación será totalmente bajo tierra, predominantemente enterrada, pues como se ha observado, es menor el costo de esta técnica que la de soterramiento.

Sumando la cantidad de cable que se necesita para la red da un total 25,5 Km, de los cuales 23 Km serán enterrados y 2.5 soterrados, pues hay que recordar que cuando se realizó el diseño de red para el grupo tres, las parcelas cuatro y cinco eran conectadas al gabinete subrepartidor, en este caso al ONU, a través de un cable soterrado. El soterrado calculado

en aquella ocasión era de cuatro conductos, los mismos que tendrá este diseño, para que por él sea posible instalar la fibra y el cable de cobre.

***Costo de la fibra soterrada.***

$$C.P. = 315 \text{ USD/Km} \times 2.5 \text{ Km} = 787.5 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 185 \text{ USD/Km} \times 2.5 \text{ Km} = 462.5 \text{ USD.}$$

$$C.Co = 38490 \text{ USD/Km} \times 2.5 \text{ Km} = 96225 \text{ USD. (soterrado de cuatro conductos)}$$

$$C.Ce. = 135 \text{ USD/Km} \times 2.5 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 887.5 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 4.23 \text{ USD/m} \times 2500 \text{ m} = 10575 \text{ USD. (cable de 12 fibras)}$$

$$C.So. = 108\ 937.5 \text{ USD.}$$

***Costo de fibra enterrada.***

$$C.P. = 315 \text{ USD/Km} \times 23 \text{ Km} = 7245 \text{ USD.}$$

$$C.I. = 60 \text{ USD/Km} \times 23 \text{ Km} = 1380 \text{ USD.}$$

$$C.Co. = 6875 \text{ USD/Km} \times 23 \text{ Km} = 158125 \text{ USD. (tritungo)}$$

$$C.Ce. = 135 \text{ USD/Km} \times 23 \text{ Km} + 550 \text{ USD} = 3655 \text{ USD.}$$

$$C.M. = 4.23 \text{ USD/m} \times 23000 \text{ m} = 97290 \text{ USD. (cable de 12 fibras)}$$

$$C.En. = 267\ 695 \text{ USD.}$$

Sumando ambos resultados se obtiene:

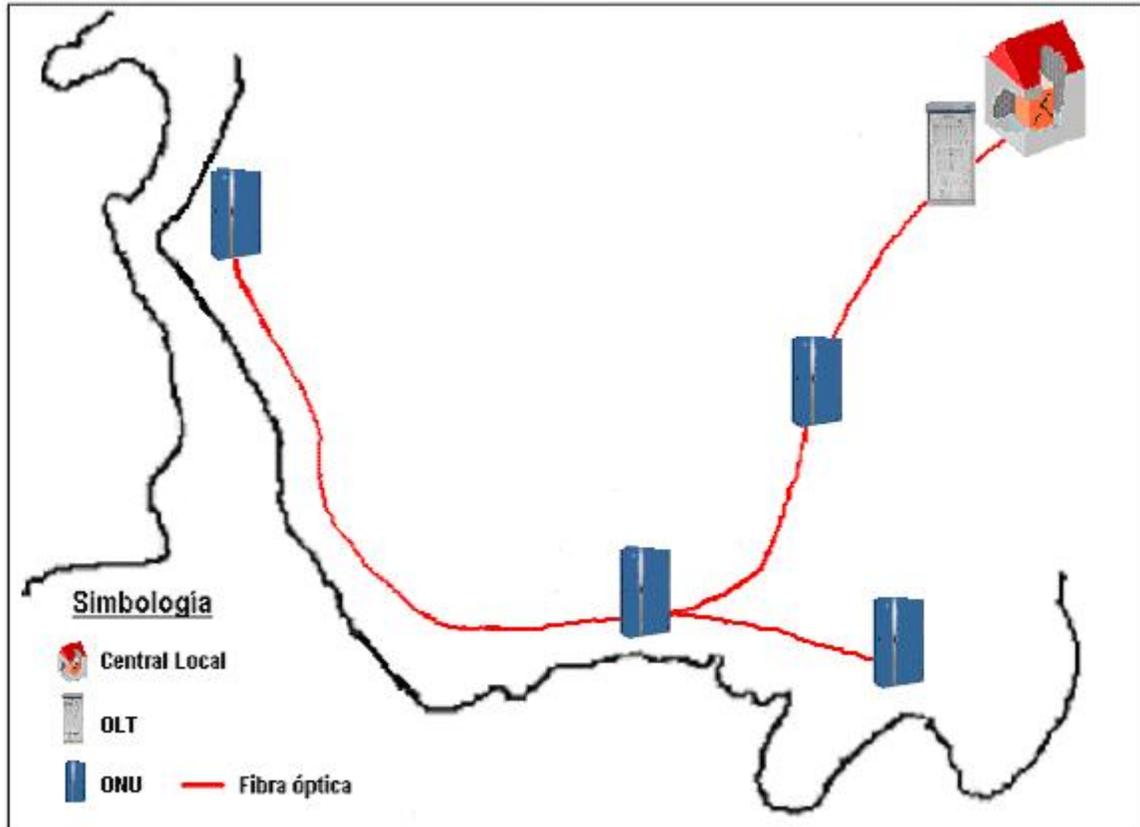
$$C.T. = 376\ 632.5 \text{ USD.}$$

**Costo total en USD de la variante de diseño 2.**

El costo total de esta variante en la que se utiliza el sistema HONET para la red de acceso fue de **964 698.80 USD.**

**Representación gráfica.**

Como se observa en la **figura 2.4**, la red resultante de la variante de diseño 2 presenta una topología en árbol. Esta red presenta un OLT, que realiza la función de nodo de tránsito y cuatro ONU, los cuales son los nodos de acceso, pues conectan al abonado directamente a la red óptica, siendo esta la principal característica del sistema HONET.



**Figura 2.4. Variante de diseño 2.**

Analizadas detalladamente ambas variantes de diseño y calculado los costos de implementación de cada una de ellas, solo resta seleccionar cual de las dos resulta la óptima para ser usada en la zona de estudio. De esto se tratará en el siguiente capítulo.

### ***CAPÍTULO 3. Variante seleccionada. Presentación de sistemas y características***

#### **3.1. Selección de la variante óptima.**

De acuerdo al análisis de costos realizados en el capítulo anterior, se puede determinar que la variante de diseño 2 es **207 360.52 USD** menos costosa que la variante de diseño 1, por lo que atendiendo al criterio económico, se decidió utilizar para la solución la variante 2. Como se puede apreciar, la cifra de capital a invertir es mucho menor aplicando la variante de diseño dos en contraposición a la uno. Pero existen otras ventajas que llevaron a tomar esta decisión, las cuales se enumerarán en el transcurso del capítulo.

#### **3.2. Características principales del sistema HONET.**

La red de acceso del sistema HONET soporta el acceso a servicios integrados de voz, datos e imagen entre otros. Esta es capaz de satisfacer a la vez las demandas de los abonados tanto de redes públicas como de redes privadas.

En la **figura 3.1** se puede observar la arquitectura del sistema y en la **figura 3.2** el potencial de servicios que posee:

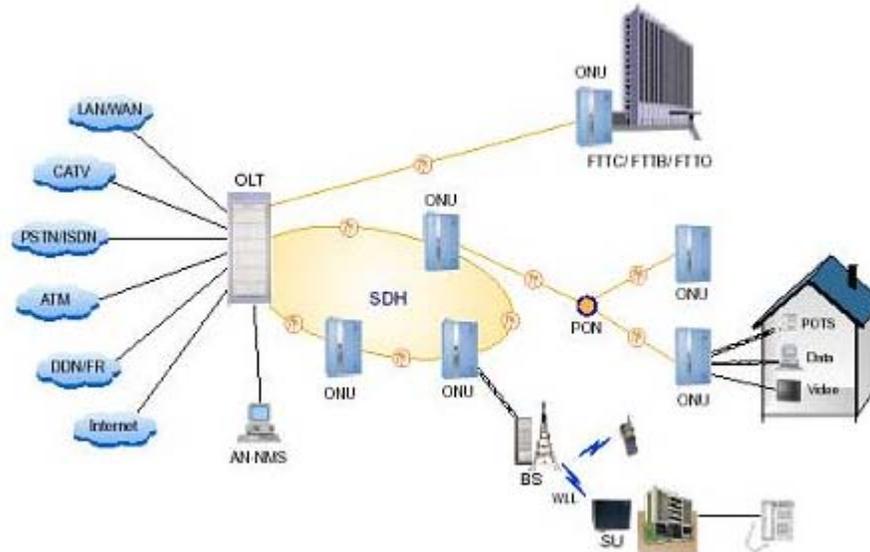


Figura 3.1. Arquitectura del sistema HONET.

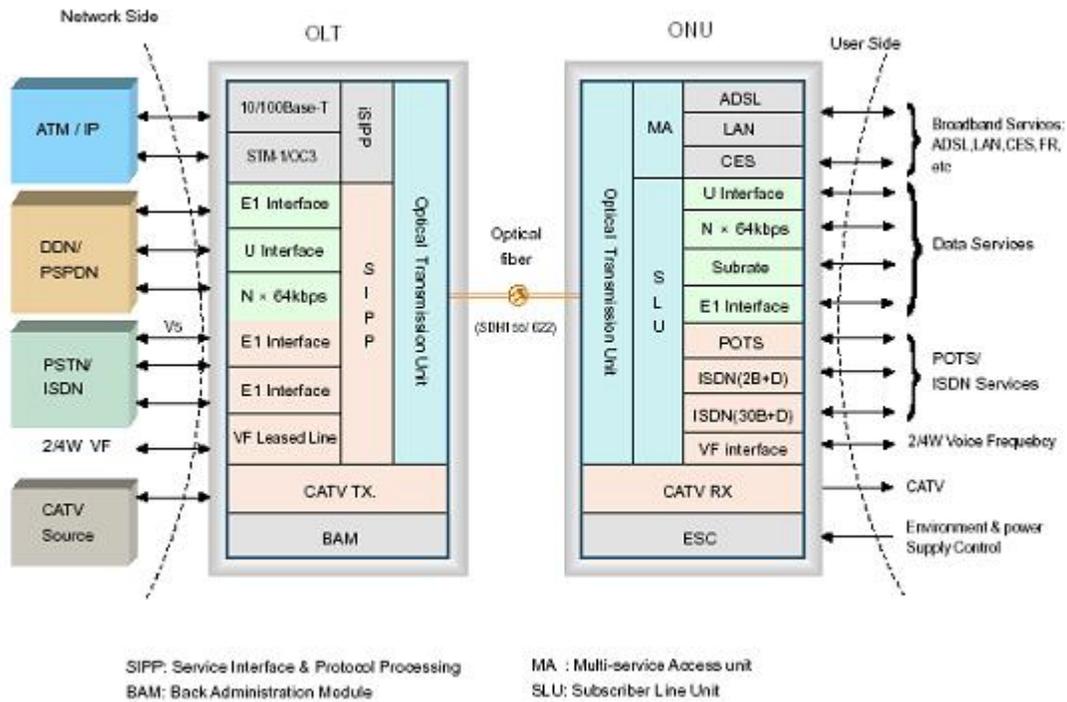


Figura 3.2. Potencial de servicios del sistema HONET.

### ***3.2.1. Numerosas interfaces de abonados.***

La red de acceso del sistema HONET proporciona un número considerable de interfaces de abonados como son:

- Interfaz Z,
- Interfaz U(RDSI BRI),
- Interfaz de audio 2/4-wire,
- RDSI para (30B+D),
- Interfaz V.24/V.35 a 64kbit/s
- Interfaz V.35/FE1 Nx64kbit/s
- Interfaz estándar de 2Mbit/s
- Interfaz eléctrica para TV por cable
- Interfaz ADSL
- Interfaz HFC
- Interfaz LAN.
- etc

Con estas interfaces, la red de acceso de HONET puede proporcionar los servicios de voz, datos, imagen y multimedia de banda ancha. Esto permite al operador desarrollar los accesos a servicios integrados en una plataforma de acceso, mejorando así la eficiencia de la red.

### ***3.2.2. Flexibilidad.***

La red diseñada bajo los principios del sistema HONET es una red de estructura muy flexible. Además de poder implementarse redes en cadena, anillo, árbol, bus y estrella, también permite las combinaciones de anillo con cadena, anillos tangentes, anillos cruzados, mallas y otras estructuras topológicas de redes más complicadas.

### ***3.2.3. Confiabilidad.***

El software del sistema HONET contiene un módulo de tolerancia de errores el cual minimiza los efectos que pueda producir las fallas en el sistema.

#### **3.2.4. Aplicación de técnicas FTTx.**

Si se parte de la factibilidad de interconexión del OLT (terminal de planta) con el ONU (terminal lado abonado) mediante fibra óptica utilizando el estándar SDH, y las magníficas características del mismo para la implementación de mecanismos de seguridad que elevan las prestaciones de estos enlaces en redes activas, y la posibilidad de utilizar la tecnología óptica pasiva PON (*Passive Optical Network*) es posible llevar la fibra óptica en la red de acceso hasta el borde FTTC (*Fiber to the Curb*) o hasta aquellos lugares que por sus características se condicionan para albergar a diferente empresas dentro de una misma edificación FTTB (*Fiber to the Building*) puesto que la modularidad del sistema y la amplia gama de interfaces que posee el sistema se lo permite. Si se tiene en cuenta además que dentro de estas interfaces (lado abonado) se posibilita la interconexión mediante FO de los clientes en diferentes entornos, entonces se está hablando de implementación de FTTH (*Fiber to the Home*) para aquellos clientes que necesiten de las enormes capacidades en ancho de banda y velocidades de transmisión que posee este medio.

#### **3.2.5. Integración de banda ancha y banda estrecha.**

HONET puede implementar accesos a banda ancha, basados en la existencia de una red de banda estrecha, por medio de varios módulos que incorporarán los avances de la tecnología ATM/IP y soportará interfaces de ADSL/LAN/HFC en el ONU, proporcionándole a los abonados el servicio requerido.

#### **3.2.6. Integración de los modos de transmisión óptica activo y pasivo.**

El sistema de transmisión óptica de HONET integra el SDH activo, PDH y el equipo de transmisión de PON pasivo. Producto de esto, los costos destinados a mejorar la capacidad de transmisión y a la seguridad se reducen y el aprovechamiento de la fibra óptica en la red de acceso es mayor, propiciando un acelerado desarrollo de la misma.

#### **3.2.7. Accesos inalámbricos.**

El equipamiento requerido por la red de acceso del sistema HONET contará en la unidad de control principal con un módulo que brindará servicios de interfaces de WLL a los abonados que lo soliciten.

### **3.2.8. Variedad de equipamiento.**

Como se explicó en el anterior capítulo, los equipos fabricados por la Huawei Co. tienen la transmisión integrada. También, dichos equipos se fabrican con la climatización y la energética necesaria para su funcionamiento, además de que se les incorpora una batería suplente para casos de emergencia.

En el caso específico del ONU, pues el OLT se instala en interiores, de acuerdo al uso y al lugar donde se vaya a instalar existe una serie de estos equipos terminales remotos con diferentes capacidades y adaptables a la situación que se presente. Los ONUs son fabricados para que se puedan instalar tanto en interiores como en exteriores, algo esto sumamente interesante para el caso de estudio. A continuación desglosamos los tipos de ONU y su aplicación:

#### **3.2.8.1. Interiores.**

Este tipo de ONU es de pequeño volumen y de estructura compacta, pues su instalación se realiza en habitaciones o lugares donde es esencial ahorrar el espacio disponible. Los ONUs que se disponen para esta aplicación son:

ONU-512 A (figura 4 del anexo 2), ONU-1000 A, ONU-F01 A, ONU-F02 A.

#### **3.2.8.2. Exteriores.**

Los ONUs destinados para exteriores se construyen para que su instalación se pueda realizar a cielo abierto. Estos se hacen de forma que sean resistentes al agua, a temperaturas extremas, a fuertes vibraciones, contra choques y a los ataques de los animales. La serie de ONUs que se utilizan para estos fines son:

ONU-160 B (figura 5 del anexo 2), ONU-512 C (figura 6 del anexo 2), ONU-512 D.

### **3.3. Características principales del CSNHD.**

ALCATEL 1000E10 es el sistema de conmutación digital desarrollado por ALCATEL CIT.

Siendo un sistema multiaplicación, ALCATEL 1000E10 proporciona servicio a toda la gama de centrales, desde la central pública más pequeña hasta la central de tránsito más grande.

Se adapta a todos los emplazamientos, su explotación puede ser local o común a varios conmutadores, e incluso las dos a la vez.

Ofrece todos los servicios de las comunicaciones modernas: telefonía básica, RDSI, Centrex, Telefonía Celular, y todas la aplicaciones de Redes Inteligentes.

Los Concentradores Satélites Numéricos de que se disponen en el país son equipos de interiores. El mismo admite una amplia gama de interfaces como son:

- Interfaz de Abonado de 2, 3 o 4 hilos.
- Interfaz de Abonado Digital.
- Acceso Básico RDSI44 Kbit/s (2B+D)
- Acceso Primario RDSI a 2 Mbit/s (30B+D)
- V 5.2 A.
- PCM estándar (2 Mbits/s, 30 canales, UIT-T G732)
- Interfaz X.25,Q3, V24
- etc

Estos concentradores altamente modulares son preferentemente enlazados mediante cables de fibra óptica, los cuales junto a las posibilidades de los equipos de transmisión de ALCATEL como los 1640 FOX, los equipos de cross conexión, etc, permiten obtener disímiles configuraciones de red, donde además es posible la utilización en toda su extensión de la redes de fibra óptica( FTTx).

La terminación de los abonados es realizada de forma independiente al equipo mediante telecables en el MDF.

El resguardo energético es realizado mediante grupo electrógeno de la capacidad requerida y banco de baterías, elementos estos también separados del concentrador.

La climatización, la instalación civil y el aseguramiento de las condiciones ambientales son también partes a tener en cuenta como anexos al sistema, pues el equipamiento del concentrador no los posee.

Como nodo terminal y de tránsito en una red de telecomunicaciones, uso principal para el que está destinada la misma, esta tecnología brinda una variada lista de servicios suplementarios como son la rellamada sobre ocupado y no contesta, la transferencia de llamada, el desvío y la marcación abreviada entre otras.

### **3.4. Ventajas de la variante escogida.**

Todo lo anteriormente mencionado refuerza la decisión tomada de escoger como variante óptima de diseño la número dos.

Como se puede apreciar la red basada en concentradores numéricos es mucho más cara que la red implementada bajo el sistema HONET, pues a los costos ya calculados de diseño, hay que sumarle los costos de climatización y de energética del CSNHD, así como los de construcción de un local adecuado como lo exigen las normas impuestas por el fabricante para su adecuado funcionamiento. Además, dada la mencionada característica de la demanda, el sistema estaría subutilizado, aumentaría la complejidad de la red al incorporar otro nodo de conmutación y se tendría que utilizar elementos subrepartidores en la red de acceso. Esto no sucedería si se usa el sistema HONET, pues sus equipos traen todo este sistema energético, climático y de MDF integrado, además de que pueden instalarse en exteriores con toda la seguridad que este tipo de aplicación exige. Como otra ventaja se puede mencionar la capacidad del ONU, que puede llegar a los 1056 abonados, por solo 500 del gabinete subrepartidor, teniéndose que instalar otros en caso de expansión, con el consiguiente gasto de recursos en cables y otros enseres necesarios.

Al presentar HONET una red soportada físicamente sobre fibra óptica, permite una mayor variedad de servicios de multimedia a disposición de los abonados, pues la capacidad de transmisión es mayor, así como mayor seguridad. La fibra óptica también propicia el desarrollo de una posible expansión de la red sin necesidad de ser cambiada por presentar un ancho de banda enorme y no utilizar repetidores en estos casos. Esta es otra ventaja con respecto a la red implementada con CSNHD, pues la comunicación de este con los gabinetes se realiza a través de cobre, el cual restringe la variedad de servicios por su limitada capacidad.

A todas estas ventajas hay que sumarle las propias características del sistema HONET mencionadas en este capítulo.

Por todo lo anteriormente expuesto, se puede considerar al sistema HONET para redes de acceso, como una opción muy interesante a la hora de diseñar redes de telecomunicaciones.

## ***CONCLUSIONES***

En el trabajo se cumplieron las tareas trazadas. Se realizó una revisión de los métodos de diseño que se usan en la actualidad en el mundo y en Cuba.

Se propuso una solución óptima al problema presentado luego de analizar algunas variantes recreadas en el informe.

Del análisis hecho se concluyó lo siguiente:

1. La estructura tecnológica del entorno del área de estudio permite la utilización de un procedimiento más sencillo que los encontrados en la revisión bibliográfica para el diseño y cálculo de las diferentes variantes de solución posibles.

Dada la no existencia en el área de una red de telecomunicaciones compleja, topología de red en malla de la provincia, y la ausencia de infraestructura de cables en la zona de estudio, así como los bajos niveles de demanda y la dispersión de la misma en parcelas, se simplifica el procedimiento de análisis y diseño.

2. La variante de diseño óptima dada la restricción económica impuesta y que permite lograr una red flexible y expandible es mediante el despliegue del sistema HONET de Huawei en cuatro ONUs enlazados por fibra óptica.

Con el análisis se desecha la implementación de la variante uno para quién impera primeramente, la construcción de un local de conmutación para la sala de equipos CSNHD, un local de equipo electrógeno, uno para banco de baterías y por supuesto local de MDF. Por cuanto pudiera estar todo ubicado en el mismo local, sería necesario no obstante, la construcción de un local con las dimensiones apropiadas de acuerdo a las normativas de separación entre equipos del fabricante de la tecnología.

El uso de CSNHD y gabinetes subrepartidores que dispersan una red flexible de cobre, conllevaría a la ejecución civil de una serie de objetos de obra que elevarían los costos. Además, dada las características de la demanda y el crecimiento lento de la misma, luego de la habilitación de las diferentes parcelas en la primera etapa, hacen innecesaria cualquier otra de las variantes analizadas.

## ***RECOMENDACIONES***

Como recomendaciones pueden plantearse los siguientes aspectos:

1. La realización de un trabajo de investigación más detallado en una fase más avanzada del proceso inversionista sobre la demanda real de servicios en el área.
2. La realización de un estudio en el área sobre cobertura para sistemas de radio y acceso inalámbrico.
3. Hacer extensiva la propuesta de solución para el área en cuestión a la Dirección de Planeamiento Operativo de ETECSA para su incorporación a los planes de inversiones y desarrollo de la Empresa.
4. Profundizar los estudios sobre el sistema HONET, por las bondades que presenta tanto para los abonados como para los administradores y operadores de redes de telecomunicaciones.

## ***REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS***

- Atiullah M. y S.Rao.(1993). “Reliability optimization of communication networks using simulated annealing”, *Microelectronics and Reliability*, **33** (9).
- Balakrishnan A., T. L. Magnanti y R. T. Wong. (1989). “A dual-ascent procedure for large-scale uncapacitated network design”, *Operations Research*, **37** (5): 726-740.
- Bodin, Lawrence D.(1990). “Twenty years of routing and scheduling”, *Operations Research*, **38** (4): 571-579.
- Central Washington University, (2001). *Outside Plant Communications Distribution Design Guide*. Washington.
- Dirección Provincial de Planificación, (2004). *Plan de Ordenamiento Territorial Rancho Luna-Pasacaballo*. Cienfuegos.
- División de Ejecución de Obras de ETECSA, (2003). *Costos unitarios paramétricos y metodología para la evaluación del costo de ejecución de una obra de planta exterior a nivel de Planeamiento Operativo*. Ciudad de La Habana.
- División de Ejecución de Obras de ETECSA. (2004). Subgerencia Planta Exterior, <http://www.vtp.tel.etcscu/gerencias/gerproyectos/default.htm>, 2 de Mayo de 2004.
- ETECSA, (2001a). *Proyecto Ejecutivo C.T Zona Industrial. Instalación de URA 4096 lns*. Cienfuegos.
- ETECSA, (2001b). *Proyecto Ejecutivo Instalación de 1650 SMC y 1640 FOX en Cienfuegos*. Cienfuegos.
- ETECSA, (2002). *Red de Distribución de Cables de Cobre de la Planta Exterior. Requisitos de Planeamiento y Proyección. Norma Obligatoria. ETEC DDAR PE-04*. Ciudad de La Habana.
- Fetterolf P. y G. Anandalingman. (1992). “Optimal design of LAN-WAN internetworks: an approach using simulated annealing”, *Annals of Operation Research*, **36**.
- Gendron B., Crainic T. G. y Fragnioni A.(1996): “*Multicommodity Capacitated Network Design*”. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Huawei Technologies Co.,Ltd., (2001). *HONET Integrated Service Access Network Technical Manual*. Shenzhen, P.R. China.

- Karás P. y A. Myslek. (2002). Heuristic methods for topological design of telecommunication networks, 2<sup>nd</sup> Polish-German Teletraffic Symp, Warsaw, Poland, disponible en:  
<http://pgts2002.eti.pg.gda.pl/programme.html>, Accedido 23/03/2004.
- Lera E. y P. A. Caballero, (1989). *Planificación de redes digitales*. COMPRINT S.A. Madrid, España.
- Martínez, E. (2002). Red de transporte,  
<http://www.eveliux.com/articulos/redtransporte.html>., 4 de Abril de 2004.
- Minoux M. (1989). “Network synthesis and optimum network design problems: models, solution methods and applications”, *Networks*, **19**: 313-360.
- Myslek A.(2001). Greedy Randomised Adaptive Search Procedures (GRASP) for topological design of MPLS networks, Proc. Polish Teletraffic Symp., Zakopane, Polonia.
- Pierre S., M. Hyppolite, J. Bourjolly y O. Dioume.(1995). “Topological design of computer communication networks using simulated annealing”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **8** (1).
- Pióro M., A. Jüttner, J. Harmatos, A. Szentesi, P. Gajowniczek y A. Myslek. (2001). Topological design of telecommunication networks. Nodes and links localization under demand constraints, 17th International Teletraffic Congress, Salvador de Bahia, Brasil.
- Pióro M., A. Jüttner, J. Harmatos, A. Szentesi, y A. Myslek (2001). Topological design of MPLS networks, Globecom, San Antonio, Estados Unidos.
- Yaged, B. Jr.(1972). “Minimum cost routing for static network models”, *Networks*, **1**, :139-172.
- Zayas L. y A. Sao(2002). Elementos conceptuales básicos útiles para comprender las redes de telecomunicación,  
[http://www.bvs.sld.cu/revistas/aci/vol10\\_6\\_02/aci03602.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/aci/vol10_6_02/aci03602.htm)., 28 de Marzo de 2004.

**ANEXOS****ANEXO 1. TABLAS****Tabla 1. Costos unitarios de proyecto.**

Descripción	RED COBRE		RED ÓPTICA	
	USD/Km cable	USD/Km sot	USD/Km cable	USD/Km ent
Costo de combustible	12	50	8	30
Otros Costos en USD	17	84	4	15
Costo de Cartografía (1)	450	-	-	-
Levantamiento topográfico	-	-	-	270
<b>TOTAL</b>	<b>480</b>	<b>134</b>	<b>12</b>	<b>315</b>

**Notas:**

(1) Cuando no se dispone de cartografía

- El costo unitario de enterrado para la fibra óptica también se aplica para el caso de soterrado de la misma.

**Tabla 2. Costos unitarios de instalación en la localidad por parte de la División Ejecutora.**

Descripción	RED COBRE		RED ÓPTICA		
	USD/Km cable primario	USD/Km cable Secundario	USD/Km cable Soterrado (1)	USD/Km cable Enterrado (2)	USD/Km cable Aéreo
Costo de combustible	105	50	55	15	35
Otros Costos en USD	300	130	130	45	90
<b>TOTAL</b>	<b>405</b>	<b>180</b>	<b>185</b>	<b>60</b>	<b>125</b>

**Notas:**

- (1) El costo incluye la instalación del subconductor. Se aplica también para red de cobre.  
 (2) El costo no incluye obra civil ni instalación de tritubo.

**Tabla 3. Costos unitarios de Obra Civil en la localidad por parte de la División Ejecutora.**

Descripción	RED DE COBRE					RED ÓPTICA
	2 conducto USD/Km	4 conducto USD/Km	6 conducto USD/Km	8 conducto USD/Km	12 conducto USD/Km	1 tritubo USD/Km
Costo de combustible	1750	1750	1750	1750	1750	282
Material	29884	32244	34604	36964	41684	5800
Alimentación	800	800	800	800	800	128
Estimulación	200	200	200	200	200	40
Otros Costos en USD	3266	3496	3756	3976	4446	625
<b>TOTAL</b>	<b>35900</b>	<b>38490</b>	<b>41110</b>	<b>43690</b>	<b>48880</b>	<b>6875</b>

**Tabla 4. Costo de microlocalización.**

Descripción	RED COBRE		RED ÓPTICA	
	USD/Km cable	USD/Km de soterrado	USD/Km cable	USD/Km enterrado
Microlocalización	139	862	115	135
<b>TOTAL</b>	<b>139</b>	<b>862</b>	<b>115</b>	<b>135</b>

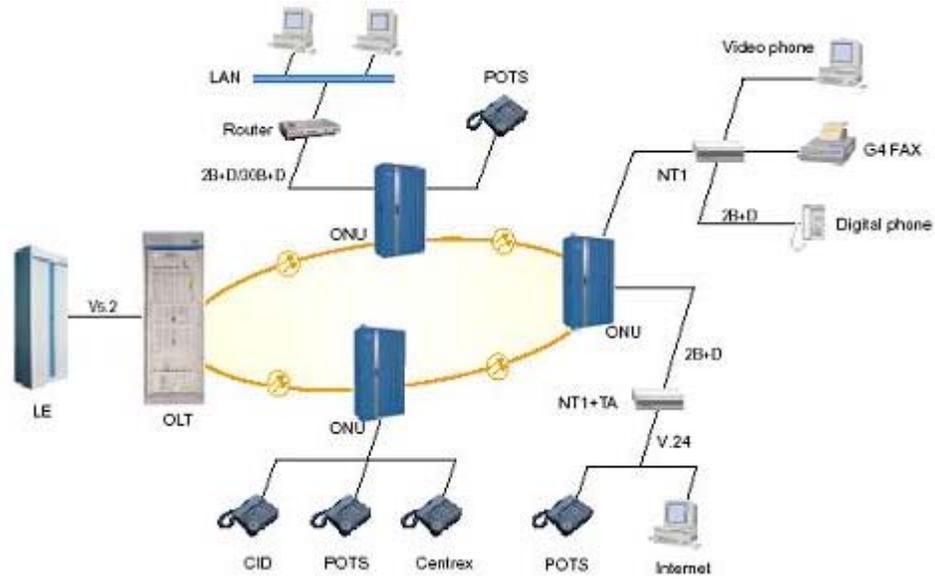
**Nota:**

A este costo se le añade a cada obra un costo fijo de 400 USD por “Licencia de obra” más 150 USD por “Certificación de utilización”.

**Tabla 5. Costos unitarios del material de red de cobre.**

<b><i>CÓDIGO / DESCRIPCIÓN</i></b>	<b><i>PRECIO UNITARIO</i></b>
Cable autoportado 10x2x0.4	0.49 USD/m
Cable autoportado 20x2x0.4	0.763 USD/m
Cable autoportado 30x2x0.4	0.80 USD/m
Cable autoportado 50x2x0.4	1.09 USD/m
Cable autoportado 100x2x0.4	1.60 USD/m
Cable autoportado 200x2x0.4	3.32 USD/m
Cable autoportado 400x2x0.4	5.35 USD/m
Cable polietileno 10x2x0.4 SCREB	0.33 USD/m
Cable polietileno 20x2x0.4 SCREB	0.56 USD/m
Cable polietileno 30x2x0.4 SCREB	0.63 USD/m
Cable polietileno 50x2x0.4 SCREB	0.986 USD/m
Cable polietileno 100x2x0.4 SCREB	1.77 USD/m
Cable polietileno 200x2x0.4 SCREB	2.79 USD/m
Cable polietileno 400x2x0.4 SCREB	5.17 USD/m
Cable de 48 fibras	7.38 USD/m
Cable de 24 fibras	5.29 USD/m
Cable de 12 fibras	4.23 USD/m

**ANEXO 2. FIGURAS**



**Figura 1. Accesos de servicios PSTN & ISDN**

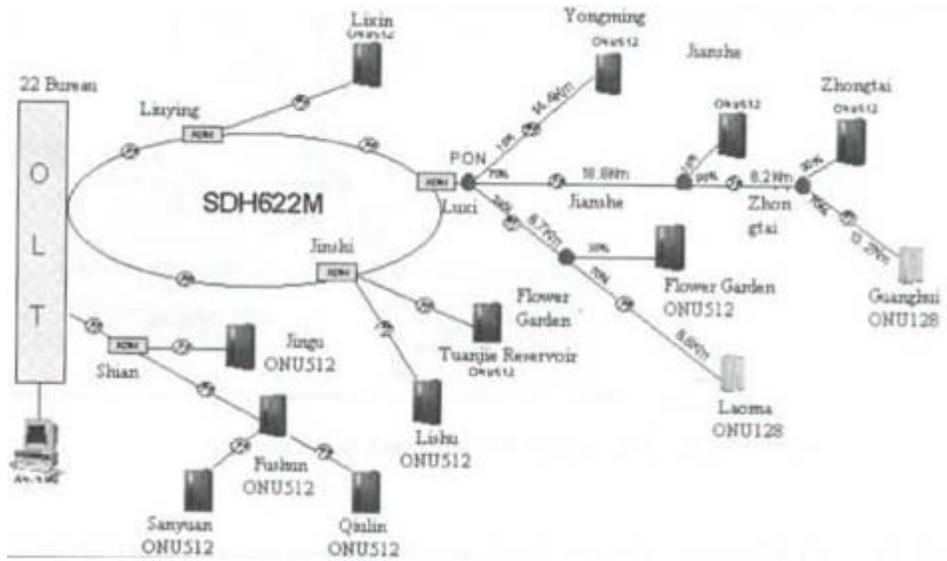
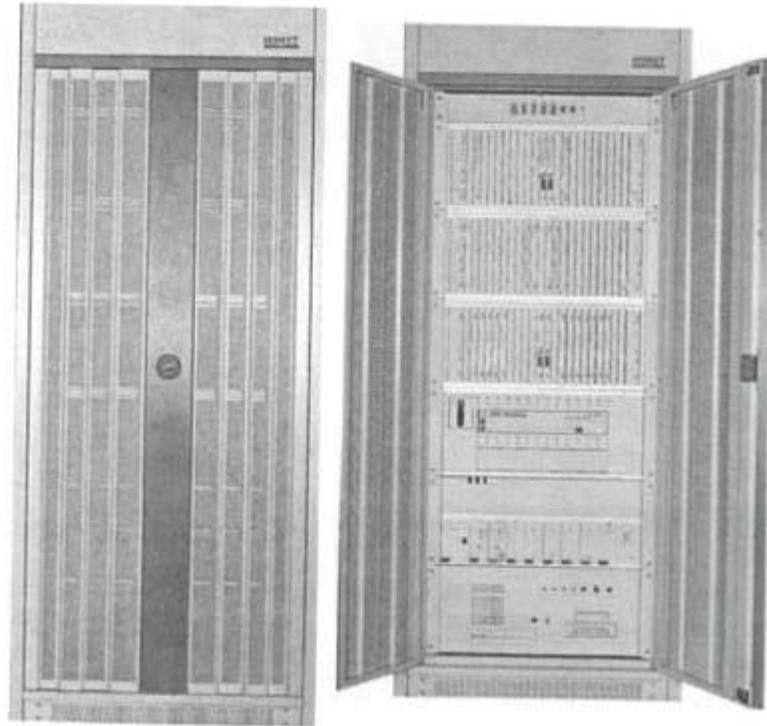
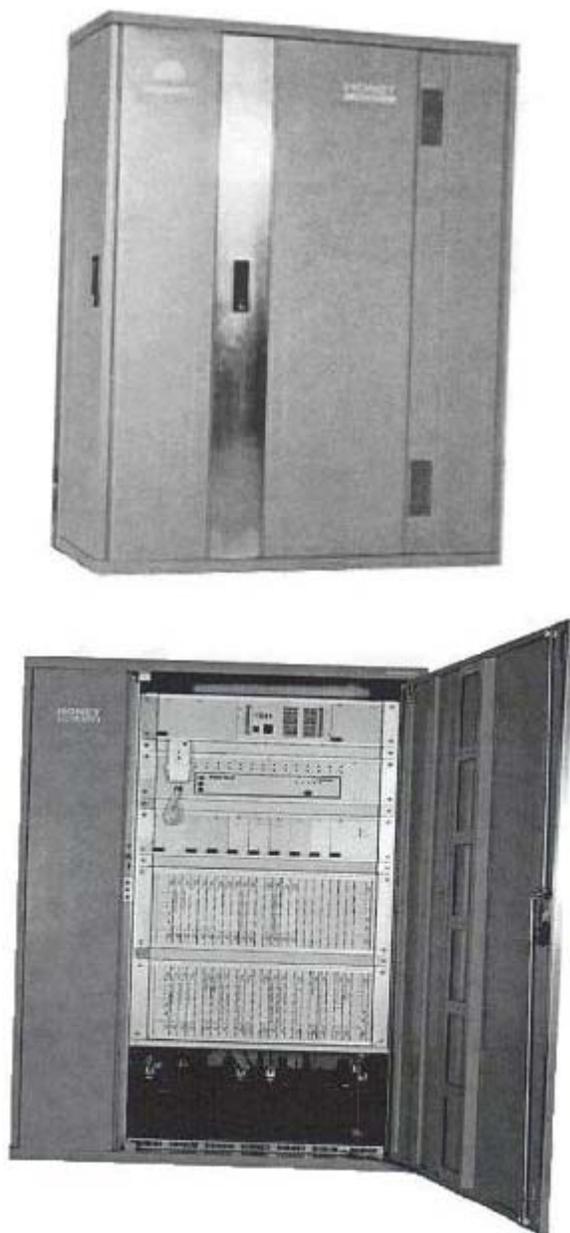


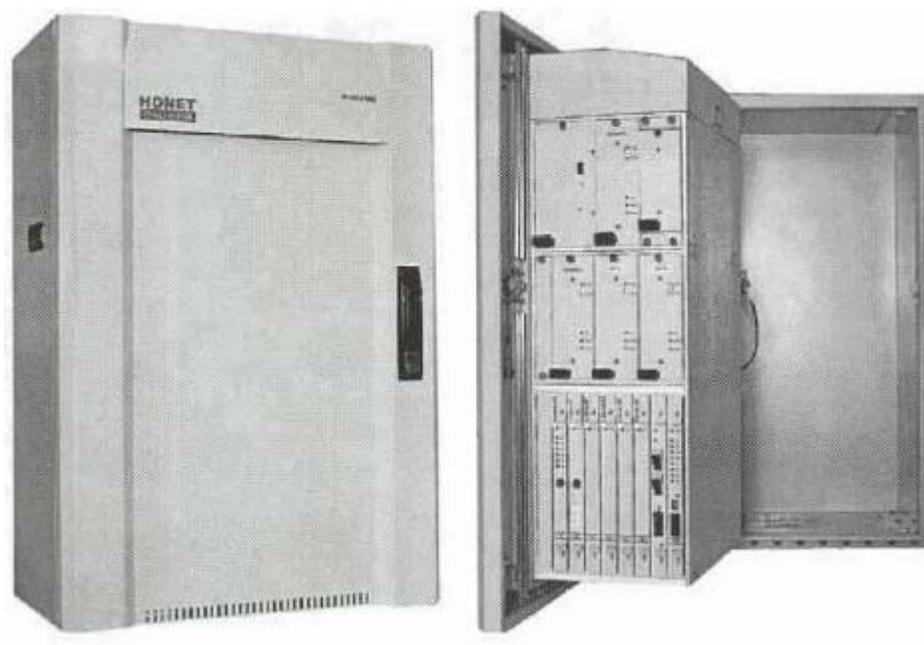
Figura 2. Ejemplo Esquemático de una Red de Acceso desarrollada utilizando el sistema HONET.



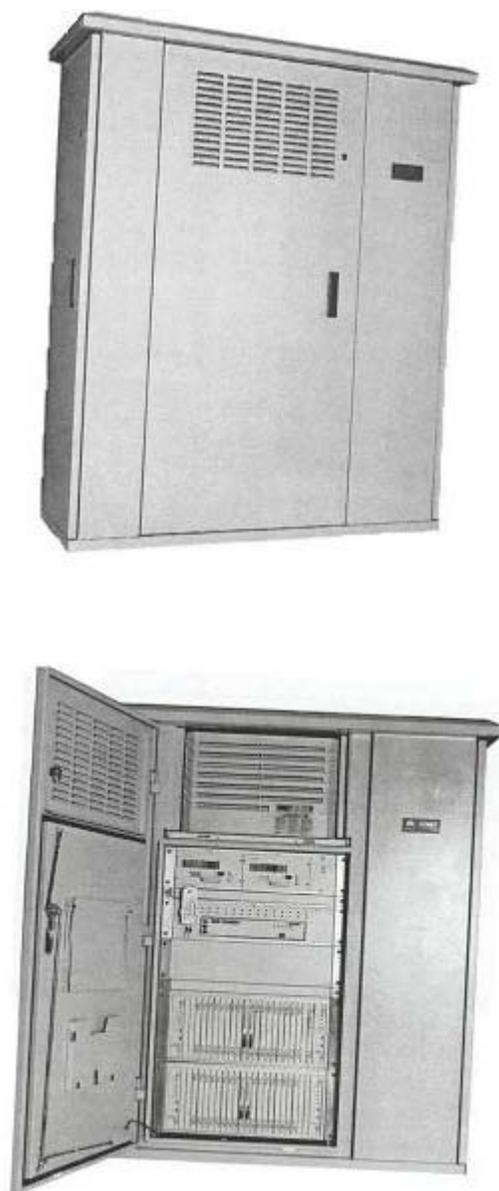
**Figura 3. Vista del OLT.**



**Figura 4. Vista del ONU-512 A**



**Figura 5. Vista del ONU-160 B**



**Figura 6. Vista del ONU-512 C**

**SIGLAS**

**A**

ADSL	Línea de Abonado Digital Asimétrica ( <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i> )
AN-NMS	Sistema de Administración de Red para Red de Acceso ( <i>Access Network - Network Management System</i> )
ATM	Modo de Transferencia Asíncrono ( <i>Asynchronous Transfer Mode</i> )

**B**

B-ISDN	Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha ( <i>Broadband Integrated Services Digital Network</i> )
BPA	Banco Popular de Ahorro
BS	Estación Base ( <i>Base Station</i> )

**C**

CATV	Televisión por Cable ( <i>Televisión Cable</i> )
CONDIR	Conexión Directa
CSNHD	Concentrador Satélite Numérico de Alta Densidad ( <i>Concentrator Satellite Numeric High Density</i> )

**D**

D-AMPS	Sistema Digital Avanzado de Telefonía Móvil ( <i>Digital Advanced Mobile Phone System</i> )
DDN	Red Digital de Datos ( <i>Data Digital Network</i> )

**E**

ETECSA	Empresa de Telecomunicaciones de Cuba
--------	---------------------------------------

**F**

FR	Retransmisión de Trama ( <i>Frame Relay</i> )
----	---

## Siglas

---

### F

FTTB	Fibra hasta el edificio ( <i>Fiber To The Building</i> )
FTTC	Fibra hasta el borde ( <i>Fiber To The Curb</i> )
FTTO	Fibra hasta la oficina ( <i>Fiber To The Office</i> )

### G

GSM	Sistema Global para Comunicaciones Móviles ( <i>Global System for Mobile Communications</i> )
-----	---

### H

HFC	Híbridas Fibra Óptica-Coaxial ( <i>Hybrid Fiber Coaxial</i> )
HONET	Red Óptica hasta la casa ( <i>Home Optical Network</i> )

### I

IBFS	Conmutación de Flujo Individual y en Grupo ( <i>Individual and Bulk Flow Shifting</i> )
IFS	Conmutación de Flujo Individual ( <i>Individual Flow Shifting</i> )
IP	Protocolo de Internet ( <i>Internet Protocol</i> )

### L

LAN	Red de Área Local ( <i>Local Area Network</i> )
LE	Central Local ( <i>Local Exchange</i> )

### M

MDF	Armario de Distribución Principal ( <i>Main Distribution Frame</i> )
-----	--

### O

ODN	Red de Distribución Óptica ( <i>Optical Distribution Network</i> )
OLT	Terminal de Línea Óptico ( <i>Optical Line Terminal</i> )
ONU	Unidad Óptica de Red ( <i>Optical Network Unit</i> )

## Siglas

---

### **P**

PON	Red Óptica Pasiva ( <i>Passive Optical Network</i> )
POTS	Servicio Telefónico Ordinario ( <i>Plain Ordinary Telephone Service</i> )
PSPDN	Red Digital Pública de Conmutación de Paquetes ( <i>Packet Switched Public Digital Network</i> )
PSTN	Red Telefónica Conmutada Pública ( <i>Public Switched Telephone Network</i> )

### **R**

RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
------	-------------------------------------

### **S**

SAL	Distribución Simulada ( <i>Simulated Allocation</i> )
SDH	Jerarquía Digital Síncrona ( <i>Synchronous Digital Hierarchy</i> )
SNI	Interfaz de Nodo de Servicio ( <i>Service Node Interface</i> )
SONET	Red Óptica Síncrona ( <i>Synchronous Optical Network</i> )
SU	Unidad de Abonado ( <i>Suscriber Unit</i> )

### **T**

TNLLP	Problema de Localización de Enlaces y Nodos de Tránsito ( <i>Transit Nodes and Links Localisation Problem</i> )
-------	---

### **U**

URA	Unidad Remota de Abonado
-----	--------------------------

### **W**

WAN	Red de Área Extendida ( <i>Wide Area Network</i> )
WLL	Lazo Local Inalámbrico ( <i>Wireless Local Loop</i> )

## ***TÉRMINOS Y DEFINICIONES***

### **Red de Distribución**

La red de distribución es la parte de la red de telecomunicaciones que permite llevar los servicios desde la Central hasta el abonado.

### **Red Flexible**

Es la Red donde todos los conductores se prolongan eléctricamente desde el MDF hasta un punto de subrepartición (Armario) y desde este hasta las Cajas Terminales.

### **Red Óptica Activa**

Es un tipo de red donde se realizan conversiones opto/eléctricas y electro/ópticas de las señales conducidas, si las mismas son realizadas solamente en los extremos de inserción y extracción (puntos extremos) manteniéndose la señal óptica en todo el camino de transmisión se conoce como AON (*All Optical Network*). En estas es posible los modos de transmisión mediante ATM, *Frame Relay*, PDH, SDH.

### **Red Óptica Pasiva**

Es un tipo de red de acceso la cual adopta la tecnología de multiplexación multidireccional y la tecnología de demultiplexación óptica pasiva para formar múltiples estructuras de redes, bus, estrellas, árboles, etc. Es utilizado para ejecutar también FTTC/FTTB. Debido a la no utilización de dispositivos electrónicos en su estructura esta se convierte en una red transparente para cualquier tipo de servicio.

### **Red Primaria**

La Red Primaria está compuesta por los cables que alimentan los Armarios y los puntos nodales de la red rígida.

### **Red Privada**

Es la red de telecomunicaciones propiedad de una empresa o sector por la que circulan los servicios que esta brinda a puntos de su interés. Suelen en ocasiones estar interconectadas a las redes públicas.

### **Red Pública**

Es la red de telecomunicaciones por la que circulan los servicios a los que normalmente se acceden, dígase telefonía básica, acceso a Internet, transmisión de señales entre nodos, etc. Estos servicios son brindados por las operadoras al sector residencial y empresarial.

### **Red Rígida**

Es la red donde todos los conductores se prolongan eléctricamente desde el MDF hasta la Caja Terminal.

### **Red Secundaria**

La Red Secundaria está compuesta por todos los cables que distribuyen los pares desde un Armario hasta las Cajas Terminales.