

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL
LITORAL**

**TÓPICO DE GRADUACIÓN
EN COMUNICACIONES ÓPTICAS**

TEMA DE PROYECTO:

*DISEÑO Y ANALISIS COMPARATIVO
DE UN ENLACE "SDH"
VIA FIBRA OPTICA Y MICROONDA
ENTRE GUAYAQUIL - SALINAS*

Autores:

Ernesto Molineros Mera ¹

Luis Calderón Rivadeneira ²

Freddy Aldaz Sigcho ³

Franklin Garay Bravo ⁴

José Maridueña Arroyave ⁵

¹ Director de Tópico, Ingeniero Electrónico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1.975, Profesor de la ESPOL desde 1.993

² Egresado en Ingeniería Eléctrica en Electrónica, 1.998

³ Egresado en Ingeniería Eléctrica en Electrónica, 1.998

⁴ Egresado en Ingeniería Eléctrica en Electrónica, 1.998

⁵ Egresado en Ingeniería Eléctrica en Electrónica, 1.998

RESUMEN

Este proyecto pretende la interconexión de la Central de Salinas II con la Central de Tránsito en Guayaquil, a fin de modernizar el enlace actual utilizando tecnología SDH, para poder dar cabida y aprovechar los servicios que nos brinda el Cable Panamericano, considerando además el tráfico local de la zona, hacia Guayaquil y el resto del país.

Un estudio previo teórico sobre generalidades de redes telefónicas, técnicas de transmisión plesiócrona (PDH) y síncrona (SDH), enlaces microondas, elementos ópticos pasivos y activos, así como criterios para el dimensionamiento de una red, han sido incluidos en los dos primeros capítulos de este proyecto, a fin de visualizar de mejor manera las bondades que presenta la técnica de transmisión síncrona y los medios utilizados para el enlace.

Para el dimensionamiento del enlace se consideró dos métodos válidos para el efecto, cada uno de los cuales fueron proyectados a 10 años para cubrir el crecimiento normal de la demanda de tráfico. El primero consiste en un análisis poblacional con datos obtenidos en el INEC, considerando como referencia para el cálculo, el porcentaje económicamente activo. El segundo método utiliza el registro estadístico de llamadas, almacenados en el Banco de Datos de PACIFITEL, que nos provee la información necesaria para realizar el cálculo a través de Matrices de Tráfico.

Para el diseño de los enlaces se analizó la red existente tomando finalmente a Salinas II como centro de conexión, tanto para el tráfico de la Península de Santa Elena como para el del Cable Panamericano.

En el diseño del enlace de microonda, se aprovechó la infraestructura existente como son las torres en Salinas II y en la repetidora ubicada en cerro de Animas, definiendo mediante un estudio de capacidad los equipos de radio SDH óptimos que cumplan con los requerimientos de velocidad y de capacidad necesarios para este enlace; así también se estimó los costos que involucraría la implementación de este sistema y su mantenimiento posterior.

Para el enlace por fibra óptica se hizo un estudio de factibilidad, seguridad y costos de las diferentes posibilidades de tendido que se han tomado en consideración para finalmente determinar el más idóneo. Seguidamente se realizaron los cálculos de parámetros de atenuación del campo regenerador y ancho de banda necesarios para que permitan llevar a efecto la implementación del mencionado enlace.

Finalmente realizamos un análisis comparativo entre el enlace de microondas y el de fibra óptica; análisis que abarcó tanto aspectos técnicos como económicos.

INTRODUCCIÓN

El mundo moderno de las comunicaciones se encamina hacia la globalización exigiendo cada vez medios y sistemas más eficientes y rápidos, situando a la fibra óptica como el medio de transmisión más idóneo para cumplir con los requerimientos de las redes modernas. Como parte de esta globalización mundial se han diseñado diversos anillos internacionales de fibra óptica entre los cuales se encuentra el denominado Cable Panamericano que enlaza los países de la costa del Pacífico de América del Sur y del Caribe, entre los cuales se encuentra el Ecuador.

Un primer paso consistió en la conexión del Cable Panamericano a un equipo de terminal de línea óptico ubicado en Salinas II, pasando por su punto de amarre en Punta Carnero. Posteriormente se tiene la necesidad inmediata de enlazar este terminal con la Central de Tránsito de Guayaquil para así integrar al Ecuador, a través del Cable Panamericano, a la red mundial de fibra óptica.

El objetivo de nuestro proyecto es realizar el diseño de este enlace, teniendo como vía principal una conexión por fibra óptica entre Salinas II y Guayaquil, y como conexión alterna un enlace microonda, para finalmente llegar a un análisis comparativo entre estos dos sistemas de interconexión, considerando tanto sus características técnicas como su aspecto económico.

Por otro lado, deberemos incluir en la capacidad de los sistemas, la inserción del tráfico local existente entre la Península de Santa Elena y Guayaquil, proyectando su dimensionamiento a un futuro crecimiento en la demanda de tráfico.

Para poder entender a cabalidad los aspectos generales necesarios para el diseño de este enlace hemos considerado un estudio previo teórico sobre redes telefónicas, su planificación y técnicas de transmisión que se están utilizando en la actualidad. Además se ha incluido un estudio sobre enlaces microonda y sobre el diseño y posibilidades de tendido en un enlace de fibra óptica.

Finalmente y para un mejor entendimiento de los recursos que disponemos para la planificación de los enlaces, ha sido necesario desplegar un esfuerzo investigativo que cubra todas las posibilidades existentes a fin de optimizar de la mejor manera el desarrollo y conclusión del proyecto.

CONTENIDO

1. INGENIERIA DEL PROYECTO

1.1 TECNICAS DE TRANSMISION

En la transmisión de señales digitales se recurre a la multiplexación con el fin de agrupar varios canales en un mismo vínculo. Existen en la actualidad dos técnicas de transmisión, las cuales han sido definidas basándose en su forma de sincronismo y tomando como base las velocidades de los diferentes órdenes de multiplexación o jerarquías. Estas técnicas son:

- Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH), con velocidades de 2,8,34,140 y 565 Mbps.
- Jerarquía Digital Síncrona (SDH), con velocidades de 155, 622 y 2500 Mbps.

2. TIPOS DE ENLACES SDH

2.1 ENLACE SDH POR MICROONDA

Los sistemas de radiocomunicación utilizan a la microonda como medio de transmisión la cual está cada vez más limitada en sus aplicaciones a rutas de emergencia, a instalaciones rápidas provisionales o a zonas de difícil acceso

2.2 ENLACE SDH POR FIBRA OPTICA

Para la transmisión de señales eléctricas, éstas son convertidas en señales luminosas al inicio del enlace, recorren la fibra y al final son reconvertidas nuevamente en señales eléctricas, quedando disponibles en los bornes de salida.

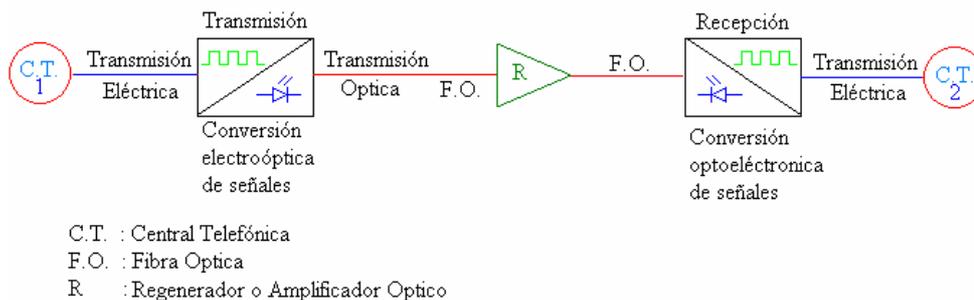


Figura 1 Esquema de un Enlace con Fibra Óptica

3. RED EXISTENTE

Un solo enlace Microonda une Guayaquil con Salinas, utilizando una repetidora en el cerro de Animas y empleando la técnica de transmisión PDH digital a 34 Mb/s, como lo podemos apreciar en la figura 2.

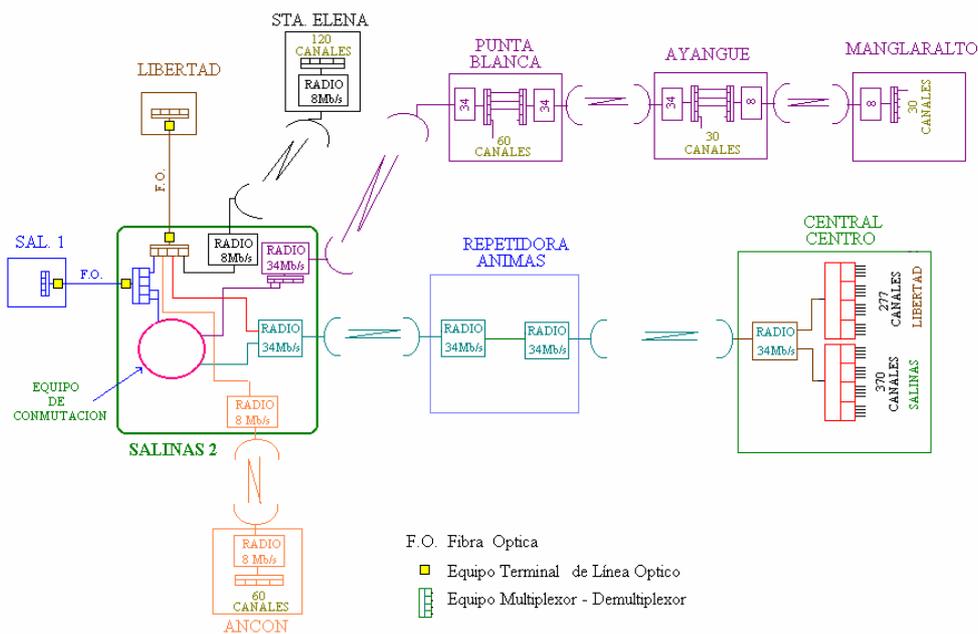


Figura 2 Red existente entre Guayaquil – Salinas

4. DIMENSIONAMIENTO DEL ENLACE

Hemos considerado dos métodos de cálculo, basándose el primero en la población económicamente activa y el segundo en datos estadísticos de tráfico medidos en Erlangs, tomados en el día de mayor tráfico del presente año y a la hora pico (datos proporcionados por PACIFICTEL S.A.).

Comparando los resultados obtenidos consideramos apropiado tomar el de mayor valor siendo éste de 29 tributarios de 2 Mbps. Para esta demanda es suficiente utilizar un multiplexor STM-1 (SDH), con protección 1+1, pero por la creciente demanda de servicios, se propone utilizar un multiplexor STM – 4 con el cual podríamos cubrir todas estas necesidades.

Por otra parte este enlace debe dar cabida a la información que se enruta a través del Cable Panamericano, es decir 63 tributarios a una velocidad de 155 Mbps (STM-1).

5. DISEÑO DEL ENLACE SDH

5.1 VIA MICROONDA

Para el enlace SDH microonda se a previsto utilizar la misma ruta geográfica que actualmente une las Centrales de Salinas 2 y Centro, donde todas las señales de las diferentes centrales que llegan hasta Salinas 2 son enrutadas a Guayaquil a través de un multiplexor STM-1 (155 Mb/s), el mismo que se encuentra conectado al equipo de radio que transmite y recibe a 155 Mb/s y que funciona en configuración 2+1 (diversidad de frecuencia) para dar abasto a la señal del Cable Panamericano. Entre

Animas y Guayaquil se incrementa a una configuración 3+1 debido a la señal de las poblaciones cercanas que se conectarán en Animas. (figura 3)

PROYECTO GUAYAQUIL - SALINAS ENLACE MICROONDA

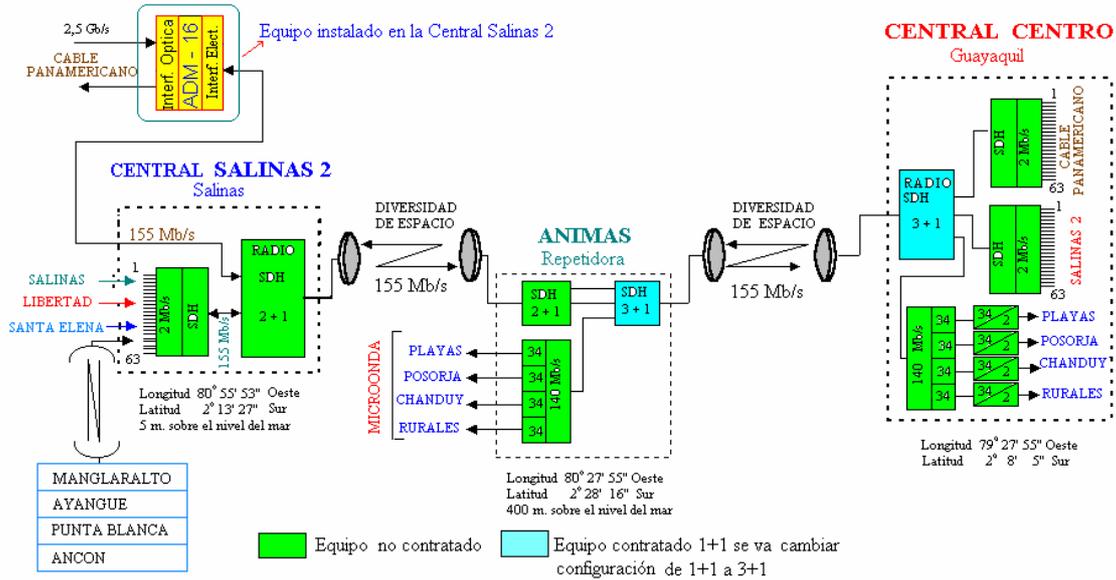


Figura 3 Diseño SDH microonda Guayaquil – Salinas

5.2 VIA FIBRA OPTICA

Para el enlace por fibra óptica se sugiere utilizar un multiplexor STM-4, sin embargo el punto en cuestión es la ruta más conveniente por la que se debería realizar el tendido de la fibra óptica optimizando al máximo los recursos disponibles, como son ductos existentes hasta Santa Elena y Puerto Azul, en cada extremos del enlace, a fin de reducir en forma racional el presupuesto del sistema.

Para la determinación de la ruta más conveniente de tendido del cable, se analizó varias alternativas, siendo estas:

- Tendido Aéreo Por La Red De Alta Tensión**
- Tendido Por Ducto Enterrado Junto A La Carretera Actual**
- Tendido Por Ducto Enterrado Junto A La Nueva Autopista Guayaquil - Salinas**
- Tendido Bajo Tierra Paralelo Al Poliducto Libertad – Salitral**

En cada uno de estos se analizó varios aspectos como son: Factibilidad, Seguridad del personal y material y Costos, quedando como la alternativa más viable en tendido directamente enterrado junto al Poliducto Libertad – Pascuales.

En el gráfico siguiente podemos apreciar como quedo definida la ruta de tendido de fibra óptica:

SALINAS II

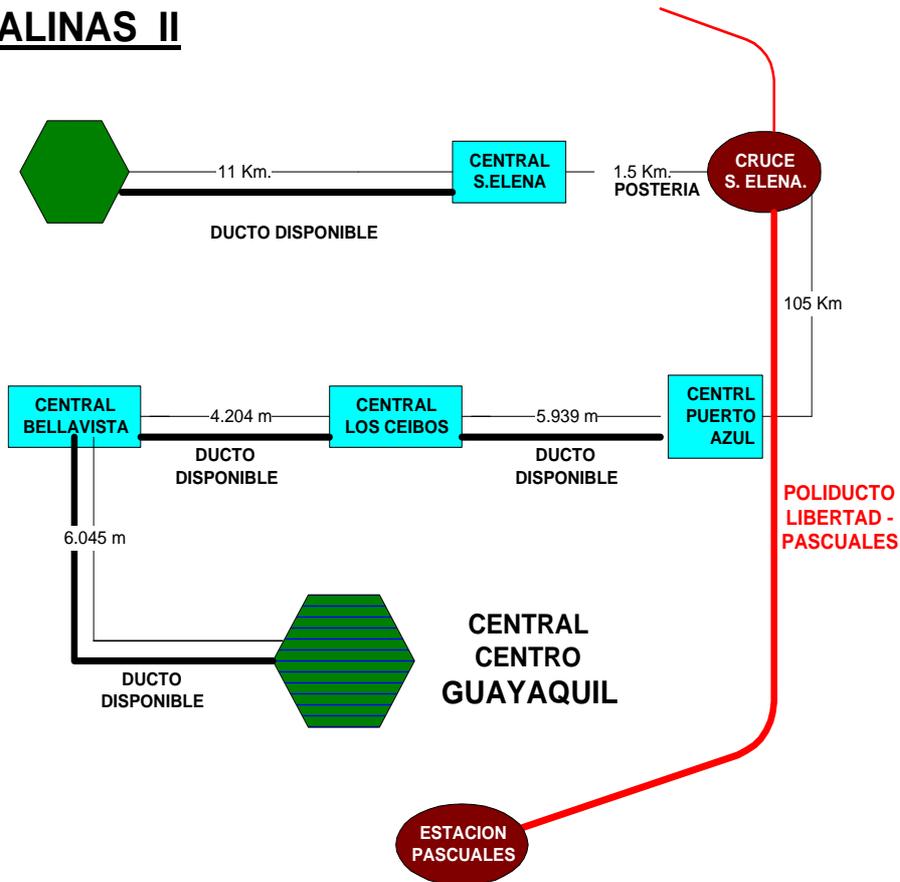


Figura 4 Ruta más conveniente para el Tendido de Fibra Óptica

5.2.1 Atenuación.-

La atenuación es un parámetro muy importante en la planificación de un enlace de gran distancia por fibra óptica, ya que los empalmes y la fibra en sí, aportan a la atenuación de la señal, teniendo que ser calculada para ver si hay la necesidad de utilizar amplificadores ópticos intermedios.

El proceso de cálculo suma todas la atenuaciones introducidas al sistema y considera además un margen de seguridad para futuros empalmes y degradación del material.

De acuerdo a nuestro cálculo se obtuvo que cada 46 Km. necesitaremos introducir un amplificador óptico y como la longitud total del enlace es de 123,38 Km, entonces necesitaremos dos amplificadores. El gráfico siguiente muestra la ubicación de los empalmes y amplificadores utilizados.

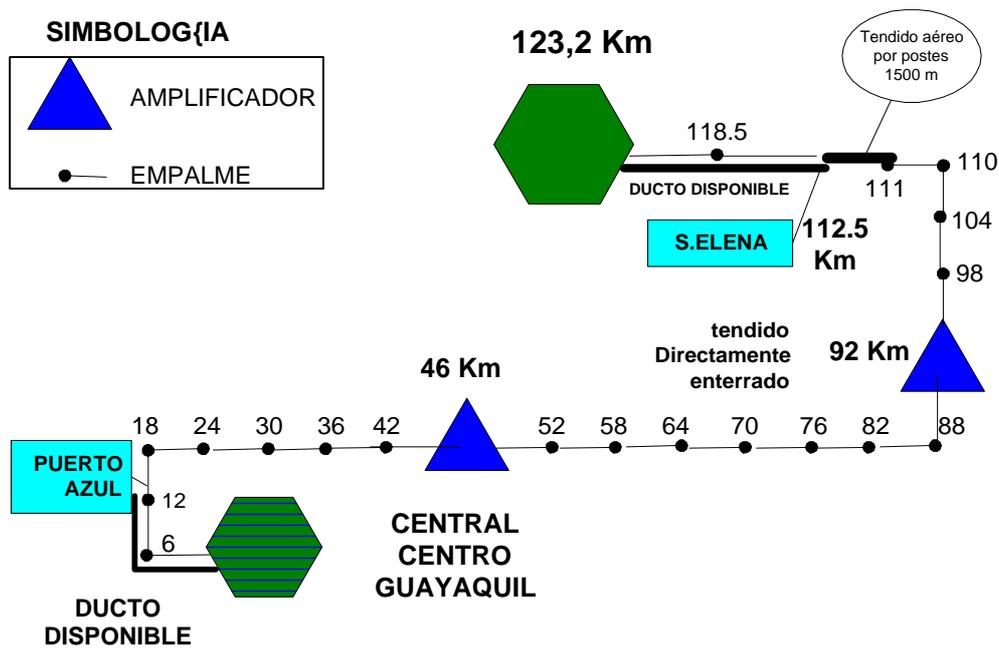


Figura 5 Ubicación de Empalmes y Amplificadores Ópticos

5.2.2 Ancho de Banda.-

En el cálculo del ancho de Banda se tiene dos tipos, el del Sistema que nos dio un valor de 111 MHz y el del Tendido que fue de 596 MHz, tomándose al menor como valor de referencia limitante para la comparación.

6. ANÁLISIS COMPARATIVO

Para este análisis, se consideró una comparación Técnica (Velocidad, Atenuación, Ancho de Banda, Seguridad del medio, de la información y de la infraestructura) y una Económica (considerando costos de Instalación y de Mantenimiento posterior) de los dos enlaces diseñados. Un resumen lo apreciamos en la Tabla I.

Tabla I Análisis comparativo entre el enlace Microonda y Fibra Optica

COMPARACIÓN TÉCNICA			
	Unidades	MICROONDA	FIBRA OPTICA
VELOCIDAD	Mb/s	155	622
ANCHO DE BANDA	MHz	46	111
Seguridad del MEDIO	%	70	95
Seguridad de la INFORMACIÓN	%	95	95
Seguridad de la INFRAESTRUCTURA	%	95	70
COMPARACIÓN ECONÓMICA			
EQUIPOS Y MATERIALES	Millones de U.S.D.	1.18	1.87
INSTALACIÓN	Miles de U.S.D.	176	639
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	U.S.D.	1000	1000
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	U.S.D.	1500	3200

CONCLUSIONES

1. La integración de Ecuador a la red mundial de fibra óptica a través del Cable Panamericano, es ventajosa para el país por la nueva facilidad que se tiene para enrutar el tráfico internacional a un costo que difiere del actual mediante el uso de los satélites. Además de que se introducen nuevos servicios que pueden ser explotados por las empresas del país a fin de integrarlas al mercado mundial.
2. La implementación de estos enlaces utilizando Jerarquía Digital Síncrona obligarán con el tiempo a que toda nuestra red de comunicaciones migre hacia esta tecnología, implementando modelos de interconexión en anillo, con lo que se conseguiría una red más confiable, sólida y segura, que brinde además nuevos servicios propios de esta nueva tecnología.
3. Del análisis comparativo Técnico y Económico que se realizó entre el enlace por fibra óptica y microonda, podemos concluir que aunque el primero es más costoso, garantiza a la larga una menor inversión en su mantenimiento, además de que brinda un mayor capacidad para la transmisión tanto en ancho de banda como en velocidad, así como en capacidad de crecimiento futuro.
4. Por otra parte, concluimos con que la utilización de un multiplexor STM-4 para el enlace de fibra óptica, provee capacidad sobrante para futuras expansiones.
5. En el análisis de la red existente en la Península, se ha detectado deficiencias en la forma como se enrutan las señales, tal es el caso del flujo de información que va a Santa Elena, desde cualquier otra central local, ya que esta señal tiene que forzosamente viajar hasta Guayaquil y retornar para conmutarse hacia Santa Elena, haciéndole ineficiente al sistema
6. Dentro del análisis de las diferentes posibilidades de tendido que se consideraron, se concluyó que la más conveniente es aquella que utiliza la infraestructura del Poliducto Libertad – Pascuales, no solo por su menor longitud, sino también porque brinda seguridad al cable debido a la vigilancia permanente que se tiene en todo su trayecto y también por la facilidad de acceso para la maquinaria que se requiere utilizar tanto para el tendido como para futuras labores de mantenimiento.

REFERENCIAS

- a) Ares Roberto Angel, Servicios, Enlaces y Redes (Telecomunicaciones Internacionales, Enero , 1996), pp.215-292.
- b) Martín Sanz José, Comunicaciones Ópticas (España: Editorial Paraninfo, 1996), pp.137-145.
- c) G. Stremmler Ferrel, Sistemas de Comunicación (Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1977),pp.499-502.
- d) Revista Telettra Review, Ejemplar 46 (Grafiche Stefanoni, Italia: Telettra-Communication, 1990),pp.3-17.
- e) P. Benedites, M. Garzón, A. Sandoval, X. Orosco, N. Sánchez, “Red Metropolitana SDH de la ciudad de Guayaquil” (Proyecto Tópico Especiales, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1997).
- f) K. Pazos “Cable Panamericano” (Proyecto Tópico Especiales, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1997).
- g) Internet “<http://www.alcatel.com/telecom>”.
- h) Internet “<http://www.siemens.com/opto.html>”.
- i) Internet “<http://www.optelecom.com>”.