

El presente paper se basa en la tesina de seminario titulada “Diseño de una Red SDH entre Cuenca y Ambato para dar Servicios de 2 STM-1 y dotar a un Call Center en Cuenca con 2 E1’s, utilizando una Red Metro Ethernet con tecnología TDMoIP”, con la finalidad de dar una perspectiva técnica para el diseño de una red SDH y emitir criterios que ayuden a tomar decisiones financieras en una empresa proveedora de servicios de Telecomunicaciones.

Diseño de una Red SDH para dar Servicios de 2 STM-1 y dotar a un Call Center con 2 E1’s, utilizando una Red MetroEthernet con Tecnología TDMoIP

Ma. Eugenia Carrasco – Alexandra Romero - Héctor Fiallos
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
marugenia_7@hotmail.com
aleromero1@hotmail.com
hfiallos@telconet.net

Abstracto

El proyecto consiste en diseñar una red SDH para una empresa de portadores de servicios de Telecomunicaciones, con interfaces agregadas STM-4 con dos hilos de fibra óptica y protección tipo anillo, teniendo como nodos principales las ciudades de Ambato y Cuenca, donde se proveerá 2 STM - 1 para una compañía de telefonía fija del país. Además diseñar un circuito Clear Channel de 2 E1’s con tecnología TDM pura o TDMoIP desde la ciudad de Cuenca hacia el NAP de las Américas, para un Call Center en la ciudad de Cuenca, cuyo POP se situará en Quito. Se muestran los costos de implementación del proyecto con un estudio de factibilidad económica del mismo, junto con la solución más solvente de si se implementa o se alquilan las redes, bajo la estimación de la inversión económica a realizarse y el tiempo aproximado de recuperación de la misma. Se realizó la simulación del proyecto, con un anillo STM-4, protección PSP y los nodos pertinentes representando el anillo entre las ciudades principales Cuenca, Ambato y Quito, usando los equipos del Laboratorio de Telecomunicaciones de la ESPOL.

Palabras Claves: Red SDH, Fibra Óptica, STM-16, STM-1, E1, POP, TDM Pura, TDMoIP, NAP.

Abstract

*The project is about the design of a SDH network for a carrier company in Telecommunication services, with STM-4 as backbone with two optical fiber threads and protection type ring, having like main nodes the cities of Ambato and Cuenca, where 2 STM - 1 will be communicating both cities, in order to provide telephony services to a communications company. In addition, the project require a Clear Chanel circuit with 2 E1 with TDM pure or TDMoIP from the city of Cuenca towards the NAP of the Americas, whose POP will be in Quito. Show the cost of implementation of this project with a study of ecomic factibility about it, together the solution more solvent about if implement or **alquilar** the networks, with the estimation of the ecomonic inversion to do and the time of the payback about it. The simulation of the project was done with a ring STM - 4, protection PSP and the nodes representing the cities of Ambato, Cuenca and Quito, using the equipment from the Laboratory of Optical Networks of ESPOL.*

Keywords: SDH Network, Optical Fiber, STM-16, STM-1, E1, POP, TDM Pure, TDMoIP, NAP.

1. Introducción

Durante los últimos años, diversos factores tanto técnicos, económicos y sociales han propiciado el desarrollo tecnológico de los equipos y servicios en el mundo de las telecomunicaciones, obteniendo un gran crecimiento de usuarios. Además, del desarrollo de novedosos servicios interactivos y de multimedia, tales como videoconferencia, juegos en línea, televisión digital de alta definición, transmisión de datos entre redes de computadoras, etc; estiman un incremento desmedido en la demanda de ancho de banda, lo que ha tornado imperante para los proveedores de servicios de telecomunicaciones el desarrollo de tecnologías que soporten dicha demanda de ancho de banda y altas velocidades para sus usuarios.

2. Fundamentos Teóricos

Redes de Transporte Óptico

Son la plataforma ideal de transporte de grandes cantidades de tráfico a alta velocidad a nivel de las telecomunicaciones; formadas por un conjunto de elementos ópticos conectados por fibra óptica, capaces de proveer transporte, multiplexación, enrutado, gestión y supervisión de las señales ópticas. Entre las redes de transporte óptico más conocidas, en apareamiento cronológico, están PDH, SDH y por último DWDM.

SDH

Es un sistema de transporte digital sincrónico que está basado en la superposición de una señal multiplexada sincrónica sobre un haz de luz transmitido sobre un cable de fibra óptica. Recoge las siguientes recomendaciones mostradas en la tabla 1.1.

Recomendación ITU-T	Descripción
G.707	Velocidad de bits de SDH
G.708	Interfaz de nodos en la red para SDH
G.709	Estructura de multiplexación sincrónica

Tabla 1.1 Recomendaciones de SDH

Topologías

La topología en SDH se define como la cadena de comunicación entre los nodos formados por un ADM,

que se pueden colocar varios en una configuración bidireccional o unidireccional. La disposición de varias topologías en una sola, crean nuevas redes o subredes internas y externas, según la implementación que se requiera realizar y de los servicios que se demande a futuro.

La topología de mayor confianza es la tipo anillo, ya que su principal ventaja es su seguridad; si un cable de fibra se rompe o se corta, los multiplexores tienen la inteligencia para desviar el tráfico a través de otros nodos del anillo sin ninguna interrupción.

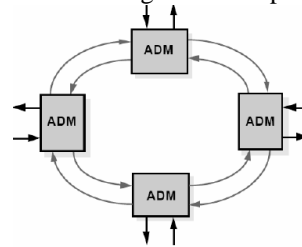


Figura 1.1 Topología Tipo Anillo

Protecciones en SDH

En SDH, las protecciones están estandarizadas y permiten agregarse en todos los nodos de manera redundante para asegurar la disponibilidad del tráfico y mantener el acuerdo de nivel de servicio (SLA), el cual se basa en medidas de supervivencia de la red, tales como la tasa de fallos y los tiempos de reparación.

El equipamiento conocido como Carrier Class es muy necesario para el respaldo físico de la red, el cual consiste en duplicar cada elemento del equipamiento de cada nodo. Otro proceso importante en la protección de la red SDH, es la restauración de las rutas de extremo a extremo mediante algoritmos de enrutamiento, que censan las fallas mediante un sistema de gestión, donde los tiempos de restauración son relativos, pudiendo variar desde segundos hasta horas; entre las cuales encontramos:

- Automatic Protection Switching (APS)
- Multiplex Section Protection (MSP)
 - Protección 1:1
 - Protección 1:N
 - Protección 1+1
- Sub-Network Connection Protection (SNCP)

La protección más recomendada es la MSP 1+1, ya que se usa cuando el tráfico es enviado tanto por la ruta activa como por la back-up. Si se detecta una pérdida de tráfico, en el extremo receptor se comienza un proceso de conmutación hacia el camino de protección.

TDM y TDMoIP

Respecto a TDM y TDMoIP se muestran las principales características y diferencias entre ambas tecnologías en la tabla 1.2.

Características	Diferencias
Ofrecen un ancho de banda fijo para el cliente.	TDMoIP es un pseudowire.
Pueden ser controlado remotamente por sistemas de gestión bastante desarrollados.	Los costos de implementación de TDM son más altos.
Manejan Clock, pero se crea en el destino y no en la fuente.	TDM utiliza un canal dedicado y limpio, mientras que TDMoIP usa Metroethernet por lo que tiende a tener más errores.
Consisten en circuitos de voz, video o datos en las redes de conmutación de paquetes de manera transparente.	TDMoIP es más rentable por los variados servicios que se derivan en la Metro y facilidad de crecimiento.
Representan la base de numerosas aplicaciones corporativas, como la interconexión de centrales telefónicas o PBX.	TDMoIP permite migración sin problemas a redes IP, Ethernet y MPLS.

Tabla 1.2 Características y Diferencias entre TDM y TDMoIP

Metroethernet

Es un conjunto de estándares de la capa física y MAC para la transmisión de datos. El uso de Ethernet frente a otras tecnologías como Frame Relay y ATM le provee las siguientes ventajas indicadas en la tabla 1.3.

	Ethernet	FR	ATM
Escalabilidad	10M a 10G	56K a 45M	1.5M a 622M
QoS	Soportado	Limitado	Si
Flexibilidad del Servicio	Alta	Baja	Baja
Eficiencia del Protocolo	Alta	Media	Baja
Optimizado para IP	Si	No	No
Aprovisionamiento	Rápido	Lento	Lento
CPE: Costo por Puerto	\$	\$\$	\$\$\$
Costo/Mb	\$	\$\$	\$\$\$

Tabla 1.3 Ethernet Vs. Otras tecnologías

3. Objetivo del Proyecto

Nuestro proyecto tiene como objetivo el Diseño de una red SDH entre Cuenca y Ambato para proveer 2 STM-1, y de una red TDM o TDMoIP convergente a metroethernet para dotar a un call center de 2 E1's, junto con el análisis de costos y la solución más solvente para el proveedor de servicios de telecomunicaciones.

3.1 Diseño y costos de la Red SDH y TDMoIP para dar 2 STM-1 y 2 E1's internacionales

Actualmente, solo los grandes operadores, pueden realizar una inversión en diseñar e implementar una red para dar servicio con una red potente y conexiones en diferentes ciudades del Ecuador. El recurso tecnológico, financiero, experiencia y conocimiento del mercado pueden calificar a una empresa para dar un servicio altamente confiable con un alto estándar de competitividad, transparencia y compromiso de un SLA del 99,8 % de estabilidad en su red.

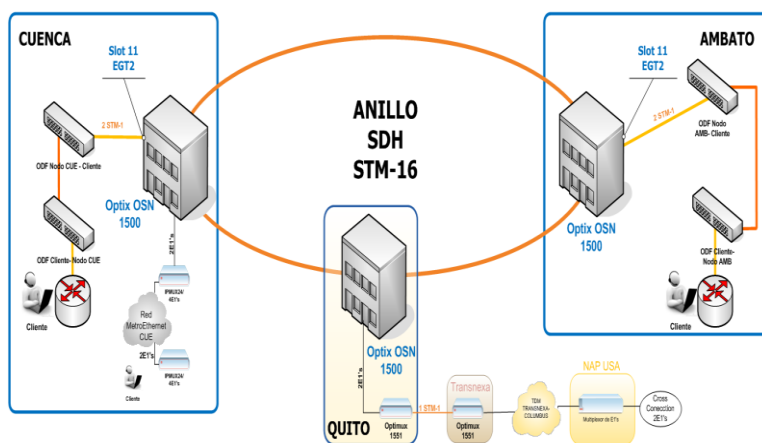


Figura 3.1 Red SDH y TDMoIP

3.1 Diseño del anillo SDH entre Cuenca y Ambato

Tomaremos en cuenta las siguientes especificaciones para el diseño de nuestra red:

- Implementación de un STM-16
- OPTIX 1500 (permiten máximo 1 STM-16)
- Topología Tipo Anillo
- Protección MSP 1+1
- Conexión con 2 fibras (Tx, Rx)
- Fibra óptica monomodo de Tipo 8
- Tendido aéreo

Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral Artículo Tesina de Grado

- Carretes de 4 Km (12 fibras) bajo la norma G.652D
- Bucle de exceso del 5% (200 mtrs) cada 4 Km

Previo a las conexiones físicas debemos realizar el cálculo de los niveles de atenuación en la línea de la ruta principal y back-up, bajo el rango óptimo de recepción de las tarjetas con la siguiente fórmula:

$$at = LaL + neae + ncac + arL$$

- L = longitud del cable en Km
- aL = coeficiente de atenuación en dB/Km
- ne = número de empalmes
- ae = atenuación por empalme en dB/Km
- nc = número de conectores
- ac = atenuación por conector en dB
- ar = reserva de atenuación en dB/Km

A continuación, se ha calculado la cantidad de fibra (distancia entre nodos + reserva de 50 mts de fibra cada 1 km +10 mts de reserva dentro de cada nodo) para el cálculo de la atenuación total y de acuerdo a la distancia calcular la cantidad de mangas, herrajes, postes a instalar en la ruta principal como se indica en las siguientes tablas.

Estudio de la mejor ruta principal y back-up

El diseño de nuestra red tiene como objetivo escoger la mejor ruta entre las ciudades principales del Ecuador para formar un anillo STM-16 sobre SDH y brindar el servicio de 2 STM-1's con interface Gigabit Ethernet entre las ciudades de Cuenca y Ambato.

Hemos considerado que la mejor ruta entre Cuenca y Ambato para el camino principal es Cuenca – Zhud – Alausí – Riobamba - Ambato y para anillar el camino de backup es el camino por Cuenca - Pto.Inca - Guayaquil – Babahoyo – Quevedo - Sto.Domingo – Chiriboga (o Aloag-Tandapi) – Quito - Latacunga - Ambato; se lo ha considerado de acuerdo a la menor distancia y la utilización de la menor cantidad de equipamiento. En total levantaríamos 13 nodos SDH y utilizaríamos 1065,5 Km de fibra interurbana.

Pero ha sido necesario realizar un estudio puntual de las condiciones de las rutas consideradas.

Cue-Pto.Inca-Gye

No es posible tendido de fibra debido a la Reserva Ecológica El Cajas.

Sto. Domingo-Chiriboga-Quito

En Chiriboga no hay cobertura celular, lo que limita el troubleshooting en caso de un corte de fibra.

Sto. Domingo-Tandapi- Quito

Zona de deslizamiento, húmedo el 90% del año entre Tandapi-Aloag, desviando el tráfico por la ruta Independencia-Los Bancos.

Por los motivos antes mencionados el rumbo de nuestro proyecto nos hace buscar otros caminos alternativos para cerrar el anillo y hemos considerado como la ruta más convenientes las mostradas en las tablas 3.1, 3.2, junto con la atenuación y tendido de

Principal Ruta	Distancia + Reserva (Km)	Modelo de la tarjeta STM-16 según la distancia	NORMA ITU at = LaL + neae + ncac + arL (dB)	Tx Tarjeta (dBm)	Atenuación Total en la línea de Fibra Óptica (at-Tx tarjeta)(dB)	Cantidad de Mangas(Distancia/4km (cada bobina de FO)	Cantidad de Herrajes cada 60 mts	Cantidad de Postes (Cda 60 mts/1 poste)
Ambato-Riobamba	60,9	L-16.2	14,31	6,3	8,01	15,28	967	967
Riobamba-Alausí	87,2	Le-16.2Je	20,21	6,3	13,91	21,84	1383	1383
Alausí-Zhud	63,0	L-16.2	14,78	6,3	8,48	15,80	1000	1000
Zhud- Cuenca	99,8	Le-16.2Je	23,05	6,3	16,75	24,99	1583	1583
TOTAL	310,80		72,35		47,15	74	4933	4933

fibra, incluyendo la ruta urbana como en la figura 3.3.

Tabla 3.1 Cálculos en el anillo de la ruta interurbana principal

Principal Ruta	Distancia + Reserva (Km)	Modelo de la tarjeta STM-16 según la distancia	NORMA ITU at = LaL + neae + ncac + arL (dB)	Tx Tarjeta (dBm)	Atenuación Total en la línea de Fibra Óptica (at-Tx tarjeta)(dB)	Cantidad de Mangas(Distancia/4km (cada bobina de FO)	Cantidad de Herrajes cada 60 mts	Cantidad de Postes(Cda 60 mts/1 poste)
CUE-Sta. Isabel	73,5	L-16.2	17,1	6,3	10,8	18	1167	1167
Sta. Isabel-El Guabo	94,5	Le-16.2 Je	21,9	6,3	15,6	24	1500	1500
El Guabo-Naranjal	84,0	Le-16.2 Je	19,5	6,3	13,2	21	1333	1333
Naranjal-Gye	110,3	Le-16.2 Je	25,4	6,3	19,1	28	1750	1750
Gye-bab	78,8	L-16.2	18,3	6,3	12,0	20	1250	1250
Babah-qvdo	115,5	Le-16.2 Je	26,6	6,3	20,3	29	1833	1833
Qvdo-Sto. Dom	110,3	Le-16.2 Je	25,4	6,3	19,1	28	1750	1750
Sto. Dom-Los Bancos	63,0	L-16.2	14,8	6,3	8,5	16	1000	1000
Los Bancos-UIO	105,0	Le-16.2 Je	24,2	6,3	17,9	26	1667	1667
UIO-Latacunga	105,0	Le-16.2 Je	24,2	6,3	17,9	26	1667	1667
Latacunga-Amb	52,5	L-16.2	12,4	6,3	6,1	13	833	833
TOTAL	992,3		229,9		160,6	236	15750	15750

Tabla 3.2 Cálculos en el anillo de la ruta interurbana back-up

Ruta Urbana	Distancia + Reserva (Km)	Modelo de la tarjeta Gigabit según la distancia	NORMA ITU at = LaL + neae + ncac + arL (dB)	Tx Tarjeta (dBm)	Atenuación Total en la línea de Fibra Óptica (at-Tx tarjeta)(dB)	Cantidad de Mangas(Distancia/4km (cada bobina de FO)	Cantidad de Herrajes cada 60 mts	Cantidad de Postes (Cda 60 mts/1 poste)
SDH Cue-Cliente	10,5	EGT210-N1	3,0	-5	8,0	3	167	167
SDH Amb-Cliente	8,4	EGT210-N1	2,5	-5	7,5	2	133	133
TOTAL	18,9		5,4		15,4	5	300	300

Tabla 3.3 Cálculos de la ruta urbana

A continuación se presentan los costos totales de implementación de la ruta interurbana y urbana en las tablas 3.4 y 3.5:

Costo Equipamiento Principal x 2 nodos	Costo Equipo Secundario x 3 nodos	Sistema de Gestión T2000	Sistema de Gestión de Cámaras de video	Precio de tendido fibra x mt	Renta de espacio x 5 nodos	Anillo Main
\$ 238.239,00	\$ 298.438,50	\$ 112.534,00	\$ 6.000,00	\$ 2.486.289,30	\$ 1.000,00	\$ 3.142.500,80
Costo Equipamiento Principal x 3 nodos	Costo Equipo Secundario x 8 nodos	Sistema de Gestión T2000	Sistema de Gestión de Cámaras de video	Precio de tendido fibra x mt	Renta de espacio x 11 nodos	Anillo Backup
\$ 238.239,00	\$ 895.315,50	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 7.938.007,50	\$ 2.200,00	\$ 9.073.762,00
COSTO TOTAL DE INVERSION EN EL ANILLO SDH INTERURBANO						\$ 12.216.262,80

Tabla 3.4 Costos Total de Inversión en el anillo SDH interurbano

CUENCA	Precio de tendido fibra x mt
	\$ 46.082,00
AMBATO	Precio de tendido fibra x mt
	\$ 36.952,00
COSTO TOTAL F.O. URBANA	
\$ 83.034,00	

Tabla 3.5 Costo total para el tendido urbano

3.2 Diseño de la red TDM y TDMoIP para dar 2 E1's

Para proveer los 2 E1's en tecnología TDM y TDMoIP debemos tener algunas consideraciones:

- Conexión con 2 fibras (Tx, Rx) y fibra óptica monomodo de Tipo 8
- Tendido aéreo y canalizado (en zonas urbano regeneradas)
- Uso de una pareja de IPMUX24 (TDMoIP) y de optimux 1551 (TDM)
- POP en Quito con conexión internacional de 1 STM-1
- MetroEthernet en Cuenca (switch 3550)
- Conexión de Cuenca-NAP de Miami por Transnexa mediante Arcos (Protección SNCP).
- El SLA para un enlace internacional en las empresas que hemos consultado es aproximadamente del 99,6 al 99,5%.

Para el caso de TDMoIP, uno de los equipos Ipmux24/4E1's estará colocado en el extremo del cliente final, en este caso, el Call Center y su pareja en el extremo del nodo SDH en la ciudad de Cuenca

interconectados por la metroethernet, paso seguido mapeamos los 2 E1's en el anillo SDH hasta transportarlo a la ciudad de Quito donde está el POP de la salida internacional.

Pensando en el crecimiento de capacidad en la salida internacional, nos conectaremos con el proveedor del POP por medio de un STM-1 entre nuestra red SDH y su red SDH, por medio del cable submarino Arcos, la latencia aproximada de 60 ms.

En el NAP de las Américas el proveedor nos dará las posiciones en el MMR (Meet Me Room) de Terramark del STM-1 despeinado en 63 E1's, donde damos la autorización al Call Center de Cuenca hacer uso del puerto del MMR para que solicite la cross-conexión con un proveedor local en Miami. Se muestra nuestro diseño en la figura 3.2.

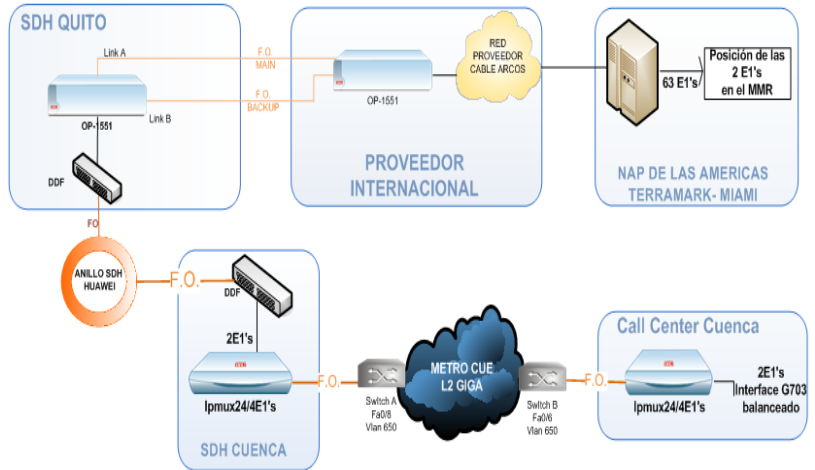


Figura 3.2 Diseño de la red TDMoIP

Se realizó un análisis de costos para ambas tecnologías, en base a costos de equipamiento, mano de obra, fusión de hilos, tendido de fibra urbana, transporte desde Transnexa al Nap, etc; con la diferencia de que en TDMoIP se agrega una red metroethernet de conexión desde el nodo de Cuenca hasta el cliente; resultando ser más económica y rentable que TDM como se muestra en la tabla 3.6.

SOLUCIÓN PARA 2 E1's CUENCA-NAP DE LAS AMÉRICAS	Costo	Rentabilidad
TDM	\$ 46.184,00	Menor
TDMoIP	\$ 39.848,00	Mayor

Tabla 3.6 Costos de implementación de TDM y TDMoIP

El costo de implementación total de nuestro anillo SDH entregando los 2 STM-1 entre Cuenca y Ambato en las estaciones del cliente nos da un costo de **\$12'318.936,80**, tal como se especifica en la tabla 3.7.

COSTO TOTAL DE INVERSION EN EL ANILLO SDH INTERURBANO Y URBANO	\$ 12.299.296,80
COSTO TOTAL DE INVERSION EN SOLUCION TDMoIP	\$ 39.848,00
COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN SDH Y TDMoIP	\$ 12.339.144,80

Tabla 3.7 Costos totales de implementación SDH y TDMoIP

4. Enfoque económico de resultados para el proyecto

El llevar a cabo este proyecto nos generó varias dudas de cuál es el medio más conveniente de realizarlo, por lo que consideramos que para llevarlo a la realidad la mejor opción es aquella que implique menor costo de inversión con la que se obtenga resultados eficaces, o si el costo es mayor de lo esperado, este se sustente en lo posible bajo la mejor solución al proyecto.

La evaluación financiera de un proyecto empresarial es de gran importancia para analizar la posible rentabilidad y viabilidad del proyecto, ya que esto puede evitar posibles problemas a largo plazo.

Por lo que hicimos uso de las siguientes fórmulas financieras mediante Excel para el análisis económico del proyecto.

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i * F_i} \quad VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I = 0$$

Donde:

Ft= Flujo de Caja

Fi=Flujo de caja inicial

n= Es el número de periodos

I= Es el valor de la inversión inicial

El proyecto es viable desde el punto de vista del VAN, cuando los flujos de efectivos futuros son mayor a cero.

La rentabilidad de la inversión, al analizar la tasa interna de retorno (TIR) en comparación con la rentabilidad exigida (TMAR), a mayor TIR más rentable será nuestro proyecto.

Para estimar los costos de ingresos de la empresa hemos realizado establecido supuestas ventas y clientes los que detallamos en las tablas 4.1 y 4.2, bajo la equivalencia de 1 STM-1 = 1 VC-4.

	VC-4 GYE-UIO	VC-4 UIO-AMB	VC-4 AMB-CUE	VC-4 CUE-GYE	VC-4 UIO-CUE	TOTAL
VC-4 /ventas	10	2	2	6	4	24

Tabla 4.1 Proyección de venta de los VC-4

CLIENTES	1 año	2año	3er	4to año	5to año
Cliente A	5	2	2	2	2
Cliente B	2	4	0	4	4
Cliente C	3	0	0	0	0
Total	10	6	2	6	6

Tabla 4.2 Proyección de clientes durante 5 años

4.1 Análisis de inversión para implementar el proyecto SDH y TDMoIP

Para calcular la inversión debemos determinar la estructura del capital que consiste en una inversión del 30% aportado por los accionistas y un 70% será financiado por un préstamo lo cual se muestra en la tabla 4.3, el mismo que se realizará a la Corporación Financiera Nacional (CFN), que para proyectos de telecomunicaciones, financia hasta el 70% del capital en el caso de proyectos nuevos, con un plazo máximo de 10 años y una tasa de interés de hasta el 9,08%, de lo que en la tabla 4.4 se muestra la amortización de la deuda.

ESTRUCTURA DE CAPITAL		
%	Inversión	\$ 12.339.144,80
70%	Deuda	\$ 8.637.401,36
30%	Capital	\$ 3.701.743,44

Tabla 4.3 Estructura del capital

PAGO DE CAPITAL E INTERESES DE LA DEUDA					
	tasa de interés	9,08%			
	Saldo Inicial	Pago	Capital	Interés	Saldo Final
0					\$ 12.339.144,80
1	\$ 12.339.144,80	\$ 3.178.888,65	\$ 2.058.494,30	\$ 1.120.394,35	\$ 10.280.650,50
2	\$ 10.280.650,50	\$ 3.178.888,65	\$ 2.245.405,59	\$ 933.483,07	\$ 8.035.244,91
3	\$ 8.035.244,91	\$ 3.178.888,65	\$ 2.449.288,41	\$ 729.600,24	\$ 5.585.956,49
4	\$ 5.585.956,49	\$ 3.178.888,65	\$ 2.671.683,80	\$ 507.204,85	\$ 2.914.272,69
5	\$ 2.914.272,69	\$ 3.178.888,65	\$ 2.914.272,69	\$ 264.615,96	\$ 0,00

Tabla 4.4 Amortización de la deuda

Realizando una estimación de ingresos en base a los clientes establecidos y de egresos por gastos operativos, suministros de oficina, etc, obtenemos un ingreso en el primer año de \$5'456.000,00 y egresos de \$2'630.328,96 con una utilidad operativa de \$1'313.063,05 y menos la amortización de la deuda, más la depreciación, obtenemos un flujo de caja neto en el primer año de \$1'722.397,71 con una tasa de inflación de alrededor del 5% por año, obtenemos el flujo de caja de los siguientes años, como se muestra en la figura 4.1. En la tabla 4.5 se indican los resultados según en VAN y la TIR.

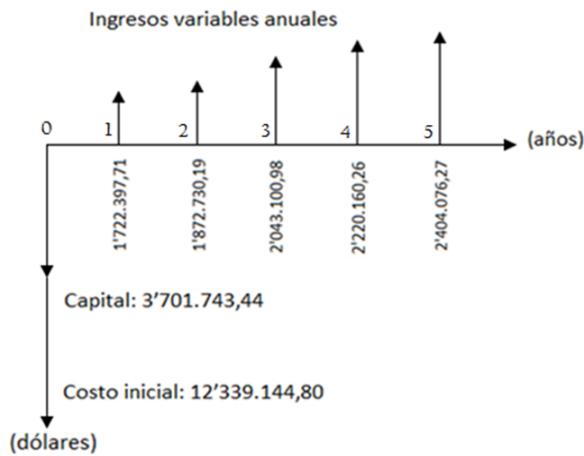


Figura 4.1 Flujo de caja para la implementación del proyecto

TMAR	30%
VAN	\$ 1.086.080,08
TIR	44%

Tabla 4.5 Resultados económicos para la implementación

4.2 Análisis de inversión en caso de alquilar la capacidad para subalquilar

Para el caso de alquilar la capacidad para subalquilar a nuestros clientes hemos escogido al proveedor A de la tabla 4.6 para que nos brinde el servicio ya que es el que nos alquila a un costo menor y tiene las mismas garantías de estabilidad que ofrece el proveedor B.

Proveedores	2 STM-1 CUE-AMB		2E1's CUE-NAP	
	MRC	NRC	MRC	NRC
Proveedor A	\$ 36.000,00	\$ 6.000,00	\$ 3.360,00	\$ 2.867,20
Proveedor B	\$ 39.000,00	\$ 8.000,00	\$ 4.480,00	\$ 3.472,00

Tabla 4.6 Comparación de costos de alquiler entre dos proveedores

El costo mensual y anual está indicado en la tabla 4.7.

Mensual	\$ 472.320,00
Anual	\$ 5.667.840,00

Tabla 4.7 Costos de alquiler al proveedor A

Para los ingresos hemos considerado vender los servicios en un 15% sobre el costo del proveedor A para armar nuestro capital de trabajo, como se muestra en la tabla 4.8 con un análisis de venta a 12 clientes potenciales.

Cantidad	12
% de Ganancia	15%
Precio	\$ 45.264,00
Mensual	\$ 543.168,00
Anual	\$ 6.518.016,00

Tabla 4.8 Plan de Venta subalquilando

Se toma en consideración que nuestros clientes nos pagan en 2 meses mientras que a los proveedores se les debe pagar por mes vencido; por lo tanto nuestro capital de trabajo sería de \$ 481.187,00.

Para estimar ingresos y egresos en la empresa se realiza la misma estimación de clientes que para implementar, con la diferencia que no hay amortización ni depreciación al no haberse contraído ninguna deuda.

Por lo que consideramos como ingresos el pago de nuestros clientes por los servicios dados que proyectan un valor de \$6'518.016,00 y de egresos \$5'456.000,00; obteniendo una utilidad operativa de \$723.676,00 menos el impuesto a la renta (I/R) que

equivale al 23% en el primer año (\$166.445,48) y del 22% del segundo en adelante, resultando una utilidad neta de \$557.230,52 en el primer año y de los siguientes se obtiene con una inflación del 5% anual, tal como se muestra en la figura 4.2. En la tabla 4.9 se muestran los resultados según el VAN y la TIR para el caso de subalquiler de los servicios.

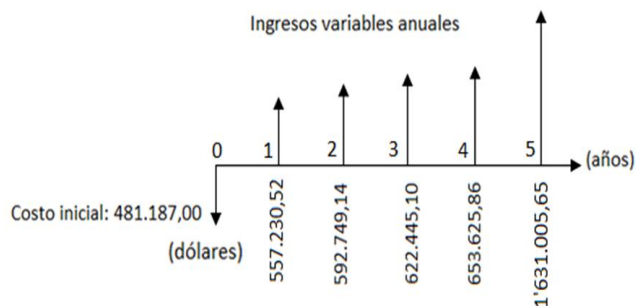


Figura 4.2 Flujo de caja para el alquiler del proyecto

TMAR	30%
VAN	1.249.636,75
TIR	123%

Tabla 4.9 Resultados económicos para el alquiler

4.3 Análisis entre implementar y alquilar la redes

Con los resultados del análisis de costos y proyección de ingresos realizado, tanto para la implementación del proyecto como para el alquiler, obtuvimos los resultados mostrados en las siguientes figuras 4.3 y 4.4, donde se visualiza que la $VAN > 0$ y la $TIR > TMAR$ en ambos casos, lo cual nos indica que el proyecto es viable tanto implementando como alquilando las capacidades.

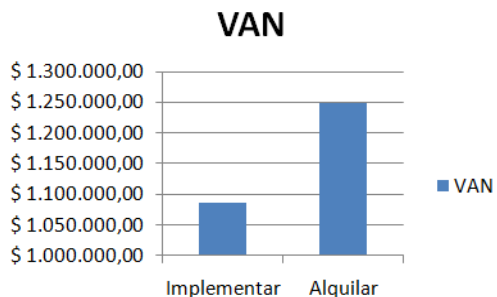


Figura 4.3 Comparación entre implementar y alquilar según el VAN

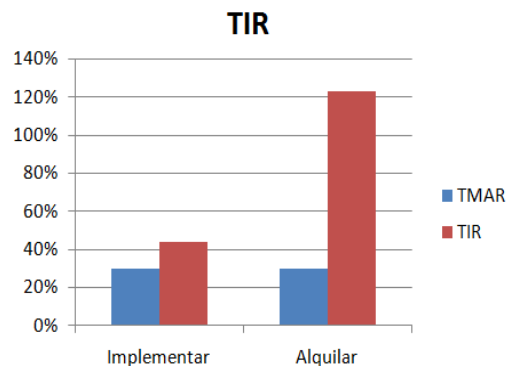


Figura 4.4 Comparación entre implementar y alquilar según la TIR

Sin embargo, en base a nuestro estudio técnico y a consultas realizadas a proveedores, podemos concluir lo siguiente expuesto en la tabla 4.10.

	Implementación	Alquiler
Inversión	Mayor	Menor
Viabilidad	Positiva pero menor	Positiva y mayor
Crecimiento	Total crecimiento a corto y largo plazo	Limitado
Rentabilidad	Mayor a largo plazo por crecimiento de la empresa	Desde corto plazo por no haber mucha inversión
Deudas bancarias	Sí	No
Dependencia de otros proveedores	No	Demasiada
Ganancia	Mayor por tener infraestructura propia	Menor por pago de alquiler a proveedores
Costo de Mantenimiento	Mayor	Menor
Costo a los clientes	Menor	Mayor (según el precio del proveedor)
Gestión de red	Sí	No
Calidad de servicio	Sí (tiempos de respuesta menores)	Sí (tiempos de respuesta mayores)

Tabla 4.10 Comparación general entre alquilar e implementar las redes

Es muy importante considerar para la factibilidad de venta de nuestro producto realizar escenarios con precios para mostrar cómo éste afecta a nuestras valoraciones financieras como es el VAN y la TIR, hemos considerado los siguientes casos como se exponen en las tablas 4.11 y 4.12.

Resumen de escenario							
Valores actuales:	1	2	3	4	5	6	
Precio	\$ 45.264,00	\$ 37.500,00	\$ 40.000,00	\$ 42.500,00	\$ 45.000,00	\$ 47.500,00	\$ 50.000,00
Van	\$ 1.249.636,75	\$ (1.030.936,70)	\$ (296.594,40)	\$ 437.747,90	\$ 1.172.090,21	\$ 1.906.432,51	\$ 2.640.774,81

Tabla 4.11 Precio Vs VAN

Resumen de escenario						
Valores actuales:	1	2	3	4	5	
Precio	\$ 45.264,00	\$ 40.000,00	\$ 42.500,00	\$ 45.000,00	\$ 47.500,00	\$ 50.000,00
TIR	123%	10%	62%	117%	174%	231%

Tabla 4.12 Precio Vs TIR

Estos escenarios nos ayudaron a determinar que para la venta de 2 STM-1 y 2 E1's no podemos venderlos a un precio menor de \$40.000,00 ya que el proyecto no sería viable porque la VAN < 0 y la TIR < TMAR, esto nos da el indicio de fijación de precios para formalizar contratos que nos brinden beneficios económicos para los proyectos en general que tenga la empresa.

Resumen de escenario					
Valores actuales:	1	2	3	4	5
Cantidad Vendida	12	8	9	10	11
VAN	\$ 1.249.636,75	\$ (3.182.265,91)	\$ (2.074.290,24)	\$ (966.314,58)	\$ 141.661,09

Tabla 4.13 Cantidad vendida Vs VAN

La proyección de la cantidad vendida anual como lo indica la tabla 4.13 no debemos vender a menos de 10 clientes, ya que al no vender a la cantidad estimada de 12 clientes como se indico en la tabla 4.8 el proyecto no va ser viable y vamos a obtener pérdidas económicas por la mala administración al momento de ejecutar los contratos.

5. Conclusiones

SDH y TDMoIP son redes confiables, flexibles y de alta capacidad, que brindan servicios de calidad con rentabilidad.

El tendido aéreo facilita la instalación, es más económico, pero también está expuesta al robo y sabotaje en mangas, herrajes, etc.

La topología anillo con protección MSP, permite conmutar a la ruta disponible en alguna falla por la redundancia que ofrece, pudiéndose alcanzar con facilidad un SLA del 99.98%.

En TDMoIP se han detectado errores por el encolamiento de paquetes, una solución es agregar prioridad en la metro ip y activar spanning tree para la conmutación automática en alguna falla.

En SDH y TDMoIP resulta más económico alquilar que implementar las redes, pero esto no le permitirá a la empresa crecer y derivar sus servicios, por lo que consideramos más conveniente la implementación del proyecto, en el caso de que la empresa cuente con el recurso financiero.

La inversión para la implementación del proyecto se estima ser recuperada dentro de unos 5 años, con la supervivencia en el mercado de no más 15 años, por lo que se debe realizar upgrade en la red.

6. Recomendaciones

Se sugiere para la implementación real utilizar equipos con mejor tecnología y capacidad como los OPTIX OSN 2500 o 3500 para alcanzar hasta un STM-64 y proveer de mayor capacidad a la red.

Se debe tener en cuenta la seguridad de la red, ya que es necesario implementar todo tipo de seguridades para evitar sabotajes internos y externos, realizando pruebas de las debilidades de la red y de los riesgos a la que podría estar expuesta para saber qué tipo de seguridades es necesario agregarle periódicamente.

Los nodos deben ser escogidos bajo ciertas condiciones, tales como, facilidad de acceso por carretera, suministro de energía eléctrica, señal de operadoras celulares, alquiler con disponibilidad de acceso a las 24 horas, etc.

Es imprescindible el equipamiento 'Carrier Class' para cada nodo para la protección de la red SDH, como la duplicación de tarjetas, equipos, ups, matriz de cross-conexión, etc.

Por último se recomienda realizar un buen análisis económico para el proyecto con una proyección de los ingresos mediante los clientes estimados a tenerse, así como del costo de inversión y los gastos en lo que incurriría la empresa a corto y largo plazo.

7. Referencias bibliográficas

- [1] Redes OTN
http://es.wikipedia.org/wiki/Redes_de_transporte_%C3%B3ptico

- [3] Concepto de SDH
<http://es.scribd.com/danielroman/d/71971050-Transmision-de-datos>

- [11] Gráfico de componentes y Arquitecturas de Protección
https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06_07/slides/16-TopologiasSDH.pdf

- [13] Conceptos de topologías SDH
<http://es.wikipedia.org/wiki/SONET>,

- [16] Tabla comparativa de Ethernet Vs. Tecnologías Alternativas
<http://www.cisco.com/web/LA/docs/ppt/MetroEthernetBDM.ppt> - Brasil

- [17] Concepto TDM
<http://www.ecured.cu/index.php/TDM>, 21 Feb 2012.

- [19] TDMoIP
<http://www.rad-direct.com/Application-tdmoip.htm>