



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN

ARTICULO CIENTIFICO.

TEMA:

INTEGRAR SERVICIOS MEDIANTE EL DISEÑO DE LA RED, SOBRE EL  
ANILLO DE FIBRA ÓPTICA EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO  
DESCENTRALIZADO DE SAN MIGUEL DE IBARRA, BASADO EN LA  
TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN SDH

AUTOR: LUIS JAVIER ANANGONÓ VITERI

DIRECTOR: ING. CARLOS VÁSQUEZ

IBARRA, 2015

# INTEGRAR SERVICIOS MEDIANTE EL DISEÑO DE LA RED, SOBRE EL ANILLO DE FIBRA ÓPTICA EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE SAN MIGUEL DE IBARRA, BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN SDH

Anangonó Javier.

Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio 5-21 Ibarra-Imbabura.

[ljeev1987@hotmail.es](mailto:ljeev1987@hotmail.es)

**Resumen.** El proyecto propuesto consiste en realizar un diseño sobre la red de fibra óptica, instalada a lo largo del Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra y de las entidades municipales que lo conforman.

Que se compone básicamente de conceptos fundamentales de fibra óptica, esquemas de multiplexación TDM, WDM, situación actual de cada una de las entidades, propuesta de diseño de la red con la tecnología de transmisión SDH, así como un análisis costo beneficio de la propuesta de diseño.

## CAPITULO I. Protocolo de transmisión SDH, multiplexación WDM y TDM, fibra óptica.

Durante el desarrollo tecnológico en los sistemas de comunicación, se han desarrollado numerosas técnicas para la conversión de datos. Este proceso comenzó a partir de la transmisión de los datos en forma análoga, hasta su posterior evolución a las señales al formato digital, como se indica en la Figura 1.

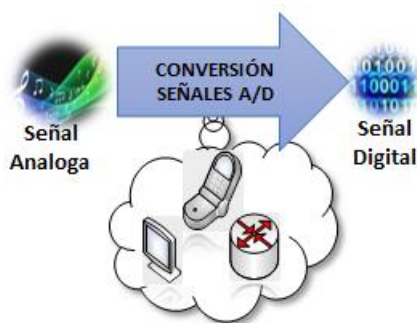


Figura 1: Digitalización de señales.

La técnica empleada es la modulación por codificación de pulsos, PCM, en donde

para poder reconstruir una señal en forma digital, se debe tomar muestras con el doble de su ancho de banda o frecuencia máxima.

$$f_m > 2 \cdot f_{\text{máx}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Fuente: Oppenheim, A & Willsky, A (s.f). (2ª ed.). *Señales y Sistemas*. México: Prentice Halle

La conversión se realiza, a través de tres procesos fundamentales:

- **Muestreo:** consiste en tomar muestras de una señal continua en un determinado periodo de tiempo.
- **Cuantificación:** en este proceso se asigna un valor discreto a cada una de las muestras de la señal, comprendidas entre la mínima y máxima amplitud.
- **Codificación:** a cada una de las muestras que se han cuantificado, se le asigna un valor binario

(Según Stallings, 2004) La representación más común de este teorema se representa en las señales de voz, estas presentan un rango auditivo aproximado de 4kHz de ancho de banda.

$$V_c = \frac{8000 \text{ muestras}}{\text{seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{\text{muestra}} = 64000 \text{bps} = 64 \text{ Kbps}$$

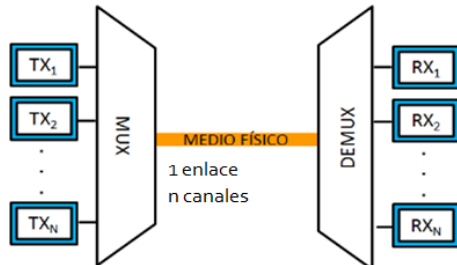
Fuente: Stallings, W. (2008). (7ª. ed.) *Comunicación y Redes de Computadoras*. México: Pearson Prentice

Como se observa en la Ecuación, si se tienen 8000 muestras/seg y son agrupadas en grupos de 8 bits por muestra, con lo que se obtiene el canal digital de 64kbps.

### Multiplexación.

La optimización en la transmisión de datos sobre un medio físico o inalámbrico es uno de los factores más importantes en las

redes de comunicación, ya que de ello depende el crecimiento de los recursos existentes. Producto de ello es el uso de los sistemas de Multiplexación que permiten sobre un mismo medio de transmisión agrupar múltiples canales de comunicación, Figura 2.

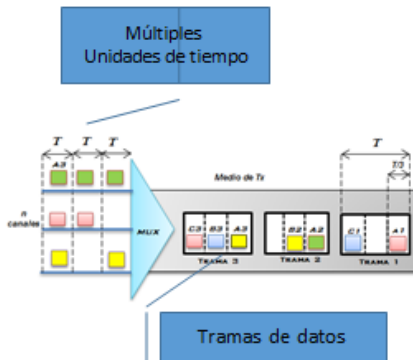


**Figura 2.** Multiplexación. Fuente: Stallings, W. (2008). (7ª. ed.) Comunicación y Redes de Computadoras. México: Pearson Prentice

Dentro del proceso de multiplexación, existen diferentes técnicas, siendo las más importantes los siguientes:

### TDM (Multiplexación por División en el Tiempo)

A cada flujo de datos a transmitir se divide en múltiples unidades, donde a cada unidad se le asigna una determinada ranura de tiempo, como se observa en la Figura 3.



**Figura 3:** Multiplexación TDM.

### PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona).

El sistema PDH, utiliza la velocidad básica de una señal de 64 kbps, para establecer tres normas generales de multiplexación:

- T1: Norma Americana de 1544 Kbps.
- J1: Norma Japonesa de 1544 Kbps.
- E1: Norma Europea de 2048 Kbps

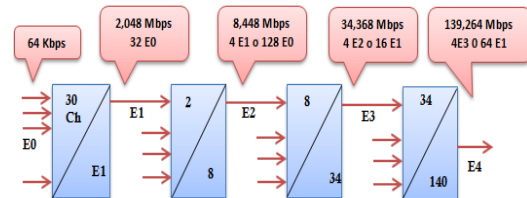
Actualmente en nuestro país se utiliza el estándar PDH europeo, según la Recomendación ITU-T G.704, que maneja transmisiones originadas a partir de los 30 canales de 64kbps y dos canales de sincronización y señalización adicionales, obteniendo finalmente la trama PCM o E1, Ecuación 3:

$$30 \text{ señales} + 2 \text{ de control} =$$

$$32 \times 64 \text{ Kbps} = 2048 \text{ Kbps} = 2.048 \text{ Kbps}$$

**Fuente:** Sistemas y Medios de Transmisión, Digitales. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.704>.

Conforme el aumento en los requerimientos de capacidad, se integró varias señales de menor capacidad hacia una de mayor capacidad. La Figura 4, muestra este proceso de multiplexación y sus diferentes integraciones.

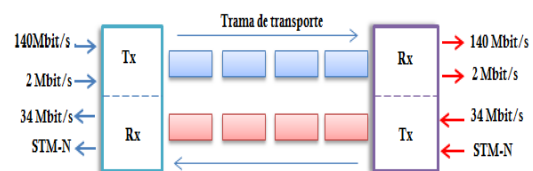


**Figura 4.** Jerarquía PDH, Estándar Europeo

Fuente: Behrouz A. (2007). Redes De Comunicaciones (4ª. ed.). España: Mc Graw-Hill

### SDH (Jerarquía Digital Síncrona).

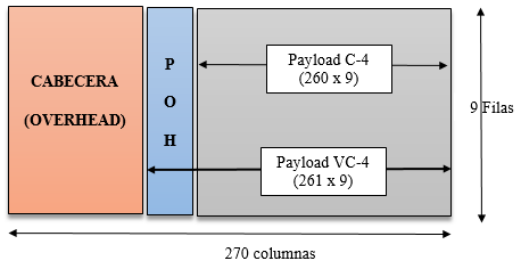
SDH se define como una red de transporte, en la que ingresan múltiples señales tributarias requeridas por el cliente o usuario al transmisor, encapsuladas en contenedores o también llamadas tramas de transporte, Figura.5, cuyo tamaño varía de acuerdo a las velocidades presentes. Eliminando inconvenientes de tener diferentes normas para velocidades que no superan los 140 Mbps como en PDH.



**Figura 5:** Transmisión y Recepción SDH. Fuente: Marconi, (2004) Introducción a la jerarquía Digital Síncrona, Fundamentos Básicos. (ed. e) AN00091831.

## Esquema de la trama STM-1.

El esquema de trama STM-1, especificada en la recomendación de la UIT-T.G.707. Se forma a partir de la integración de varios flujos de bits, llamados “tributarios”, transportados en forma sincrónica en tramas, “módulos”, conocido como Modulo de Transporte Sincrónico (STM-N).



**Figura 6.** Esquema de trama STM-1. Fuente: Sistemas y medios de transmisión, digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.132>.

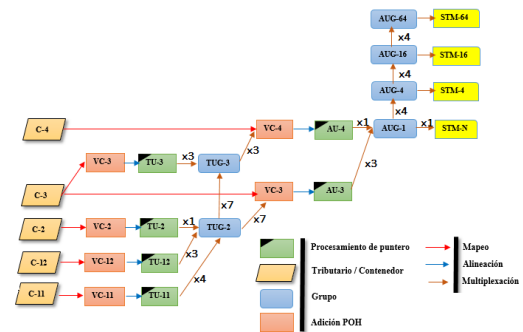
La Figura 6, muestra la composición de la trama básica SDH, compuesta por N= 9 filas y M= 270 columnas, transmitida cada 125  $\mu$ s. Cabe señalar que la arquitectura de capas SDH, desempeña un papel importante en la formación del esquema de trama STM-N, Figura (b), ya que permite distinguir dos campos específicos de la trama, conocidos como *tara de sección*<sup>1</sup> y *tara de camino*<sup>2</sup>.

## Niveles de la trama STM-N.

Las velocidades de transmisión establecidas en SDH, se forman a partir de la trama básica STM-1, hasta la trama STM-64, con velocidades establecidas de entre los 155 Mbps hasta los 9.53Gbps.

## Esquema de Multiplexación SDH.

En la Figura 7, se determina el proceso de multiplexación específico para la formación de la trama STM-N:



**Figura 7.** Proceso de Multiplexación en SDH

Cabe señalar que de la Figura 6, se desprenden los siguientes procesos específicos, presentes en la trama STM-N:

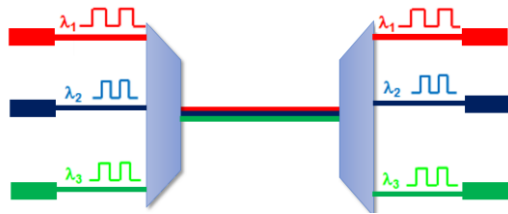
- Mapeo:** se utiliza para que todas las señales tributarias se adapten dentro de los CV-n mediante la adición de bytes de justificación y un POH.
- Alineación:** en este proceso se añade un puntero a la Unidad Tributaria (TU) o Unidad Administrativa (AU). Además de indicar la ubicación del VC-n en el momento de la transmisión.
- Multiplexación:** se utiliza para adaptar varias señales de orden inferior (LO) a una de orden superior (HO). Cuando las señales de orden superior se adaptan a una sección de multiplexación.
- Relleno:** se utiliza para adaptar la velocidad de los tributarios, a la de los contenedores.

## WDM (Multiplexación por Longitud de Onda).

WDM permite transmitir información a través de un haz de luz, donde se envían datos en una longitud de onda ( $\lambda$ ), diferente sin que aparezca ningún tipo de interferencia entre ellos, lo que hace posible que se realicen diversas comunicaciones en un mismo medio de transmisión, (Alway. V, 2007), Figura 8.

<sup>1</sup> SOH: Section Overhead.

<sup>2</sup> POH: Path Overhead.



**Figura 8:** WDM. Multiplexación por Longitud de Onda  
Fuente: Tutorial de Comunicaciones Ópticas (s.f).

### Esquemas de Protección SDH.

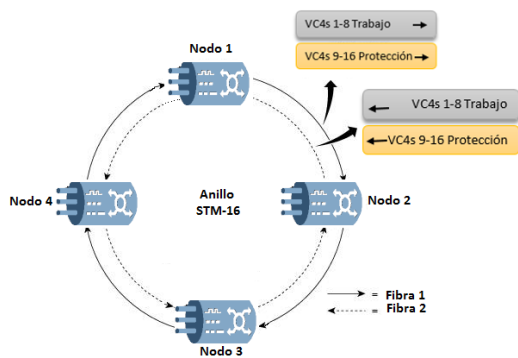
#### Protección SNCP.

SNCP brinda protección a nivel de servicios, es decir en VC individuales en todo el camino de orden inferior (VC-11, VC-12, VC-2) y de orden superior (VC-3, VC-4) respectivamente.

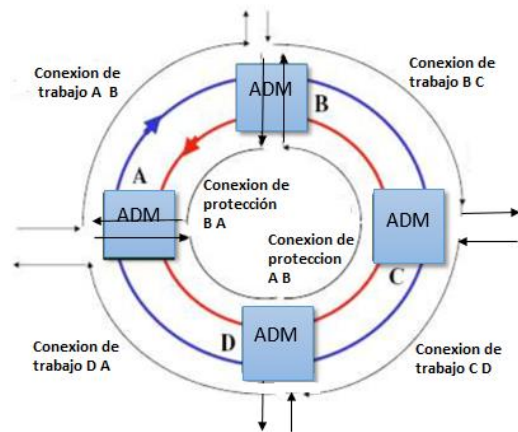
En este tipo de protección el usuario tiene la capacidad de asignar prioridades de acuerdo al nivel de criticidad que se tenga, Figura 9 (a).

#### Protección MS-PRing.

A diferencia del esquema de protección SNCP, en este tipo se asigna la mitad de la capacidad del canal para el camino de protección, Figura 9 (b).



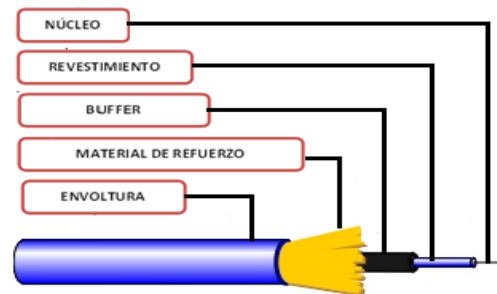
**Figura 9. (a)** Protección MSSPring/2. Fuente: Perros, H. (2005) Fuente: Connection Oriented Network SONET/SDH, ATM, MPLS and Optical Network.



**Figura 9. (b)** Esquema de protección SNCP. Fuente: Lee, B & Woojune, K. (2002). Integrated Broadband Networks: TCP/IP, ATM, SDH/SONET, and WDM/Optics.

### Fibra Óptica.

La fibra óptica es un medio de transmisión que permite enviar grandes cantidades de información, brindando la posibilidad de ofrecer servicios, con un gran ancho de banda, de manera simultánea, como se indica en la Figura 10.



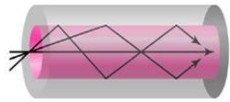
**Figura 10.** Estructura de la fibra óptica. Fuente: Stallings, W. (2008). Comunicaciones y Redes de Computadoras. (7a. Ed.). México: Pearson Prentice Hall.

La fibra óptica se clasifica en dos tipos de fibras, que se determinan en base al tipo de propagación de los diferentes haces de luz en el núcleo de la fibra óptica.

#### Fibra óptica Multimodo.

En este tipo los haces de luz se envían en varias direcciones, debido a que su núcleo tiene un diámetro relativamente grande, como se indica en la Figura 11.





**Figura 11:** Fibra Óptica Multimodo. Fuente: Iñigo.J (2009) Estructura de Redes y Computadoras.

### Fibra óptica Monomodo.

A diferencia de la fibra óptica multimodo, se envía un solo haz de luz, lo que le permite transportar una mayor cantidad de información a distancias superiores a la de la fibra óptica multimodo, como se indica en la Figura 12.



**Figura 12:** Fibra Óptica Monomodo. Fuente: Iñigo.J (2009) Estructura de Redes y Computadoras.

## CAPITULO II. Estudio y análisis de la situación actual de la red de nodos.

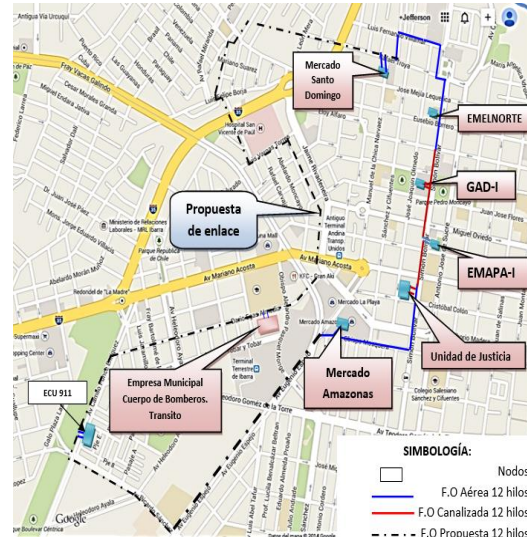
### Situación Actual.

El GAD-I es una institución pública municipal encargada del control, desarrollo y funcionamiento de las obras que se planifican y ejecutan en el cantón Ibarra, para ello existen entidades gubernamentales que trabajan en coordinación para la provisión de servicios básicos, de seguridad ciudadana, entre estos tenemos: EMAPA, Unidad de Seguridad Ciudadana Justicia y Policía, Comisaría Municipal de Higiene y la Comisaría Municipal de Construcciones, Mercados Amazonas, Mercado Santo Domingo, Ecu-911, Unidad Municipal de Cuerpo de Bomberos y EMELNORTE.

### Conectividad del GAD-I con las filiales Municipales y Gubernamentales.

En la actualidad el GAD-I tiene implementada una red de fibra Óptica bajo el estándar G.652D con una topología física lineal, Figura 13, permitiendo la transmisión de sistemas de video vigilancia distribuida en diferentes puntos estratégicos considerados de riesgo. Si

bien el Ecu-911, no forma parte de la las instituciones municipales, ya que pertenece al Ministerio del Interior. Se le considera dentro de nuestro diseño ya que las cámaras del sistema de video vigilancia monitoreadas por el GAD-I, a través de un convenio de cooperación pasaran a formar parte del sistema integrado de seguridad ciudadana.



**Figura 13:** Distribución y Ubicación de las entidades. Fuente: datos obtenidos del departamento de sistemas del GAD-I.

### Red de comunicación implementada en el GAD-I.

La estructura manejada dentro del GAD-I es del tipo Ethernet sobre un canal de transmisión de 1Gbps, formada por switches y router CISCO, 2960 y 2811 respectivamente, como se indica en la Figura 14.

### Servicios existentes entregados en el GAD-I y las entidades Municipales.

Los servicios que entregados son los siguientes:

#### Servicios de Voz.

En la actualidad las centrales telefónicas existentes en las entidades municipales y gubernamentales son independientes, es decir que en cada institución existe una central que brinda comunicación de voz a los empleados de cada filial en sus distintos departamentos, adicional a ello, cada central telefónica presenta un acceso troncalizado de líneas telefónicas externas,

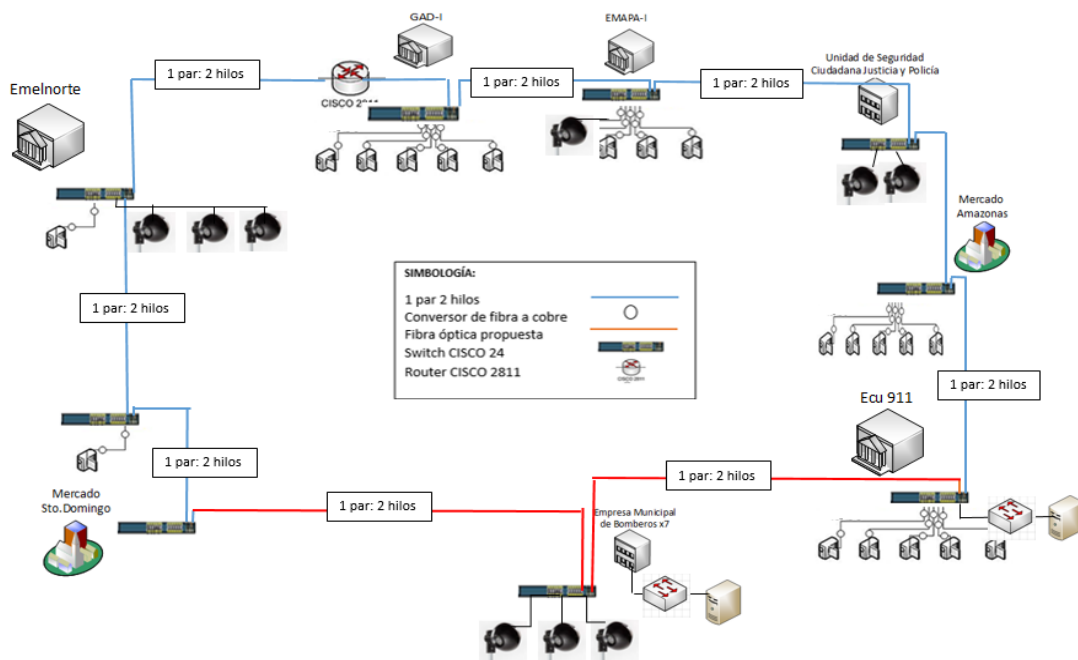


Figura 14: Situación actual del enlace de FO del GAD-I. Fuente: Propia.

Cuyo funcionamiento se identifica en la Figura 15.

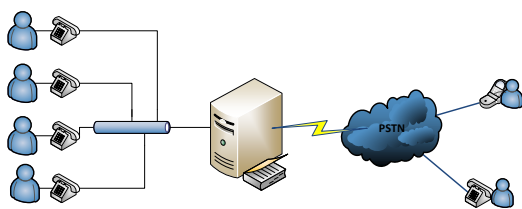


Figura 15: Situación Actual de voz de cada entidad.

### Servicios de Datos de cada Institución.

Dentro de los servicios de datos se analizó al GAD-I, EMAPA-I y Emelnorte como las principales instituciones que generan un pago de servicios, basado en la recaudación de impuestos y las facturas del agua y la luz.

Para determinar el número de usuarios que acceden a un determinado servicio, se tomó la información de cada una de las bases de datos de las instituciones responsables de este servicio, como en el ejemplo de la Figura 16, donde se observa el reporte mensual de las ventanillas de recaudación del GAD-I.

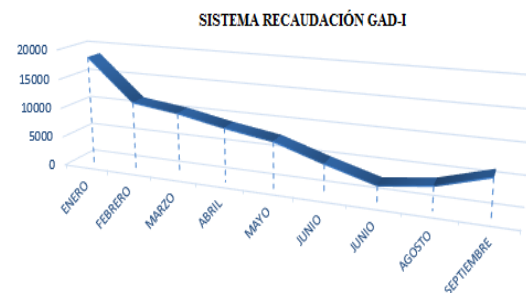


Figura 16: Registro mensual de ventanillas de recaudación del GAD-I. Fuente: Propia.

### Servicios de video.

Los Sistema de seguridad Ciudadana son proyectos efectuados por el GAD-I, con el objetivo de disminuir la actividad delictiva y resguardar el bienestar colectivo y personal de la población a lo largo de la ciudad.

Los mecanismos utilizados para estructurar este proyecto, son los sistemas de video vigilancia, que se fundamenta en la integración de varios tipos de cámaras de video, responsables de almacenar imágenes en tiempo real en un servidor de gestión y monitoreo, permitiendo alertar y tomar evidencia sobre los incidentes que se susciten en la zona.

## Servicios de voz.

En este punto el análisis de los servicios de voz entre instituciones, se realiza a través del análisis de los diversos requerimientos que el GAD-I y las instituciones gubernamentales necesitan para comunicarse. Este proceso se explica a detalle en el Diseño de la red SDH.

### Análisis de la capacidad de transmisión por servicio.

En la Tabla se detalla el resumen de la capacidad de transmisión por cada uno de los servicios de video, voz y datos.

Tabla. 1. Resumen de la capacidad de transmisión.

Tipo de servicio	Servicio de voz (kbps)	Servicio de datos (kbps)	Servicio de video (Mbps)
Cap. de tx de voz	88.8		
Cap. de tx cámara PTZ			1.75
Cap. de tx TrafiCam x stream			0.72
Cap. de tx registro GAD-I		72	
Cap. de tx registro EMAPA		97.59	
Cap. de tx registro EMELNORTE		63.23	

Fuente: Propia.

## Diseño de la red.

En base a los requerimientos de red y las capacidades de transmisión por servicio, el siguiente paso es realizar la matriz de tráfico de video, voz y datos, así como los diagramas de conexión SDH de cada uno de los servicios.

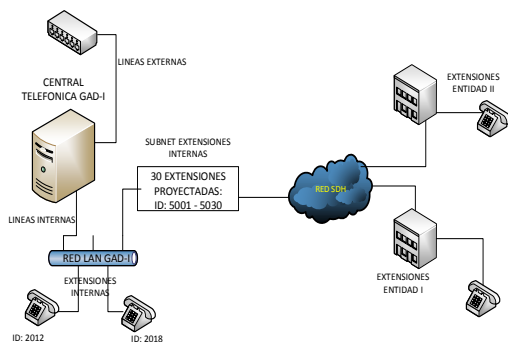


Figura 17: Diagrama de red IP propuesta. Fuente: requerimientos de cada institución.

Tomando como referencia la Figura 17, se determina los canales de transmisión necesarios, para realizar la integración del servicio a través de la central telefónica del GAD-I.

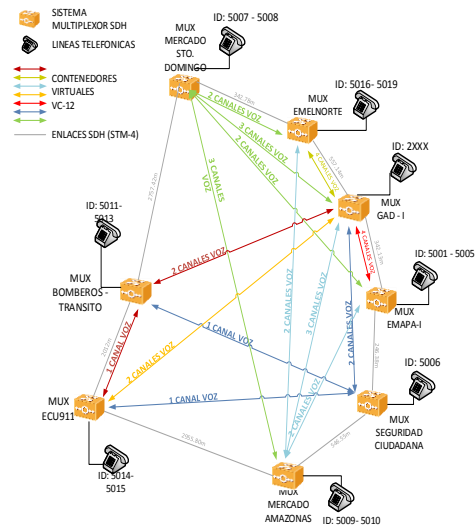


Figura 18: Topología de red en anillo SDH propuesta. Fuente: Propia.

### Esquema de protección.

Dentro del esquema de protección, la red de transporte SDH permite conmutar hacia un camino de protección, cuando se produce una falla en el enlace de trabajo, Figura 19.

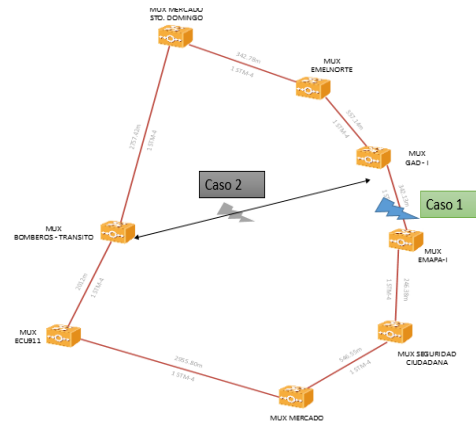


Figura 19: Esquema de protección SDH. Fuente: Propia.

Por otra parte, tanto el esquema de protección también se establece la sincronización dentro de la red SDH, tomando como reloj principal al equipo multiplexor del GAD-I, y como secundarios a las instituciones gubernamentales restantes, como se observa en la Figura 20.



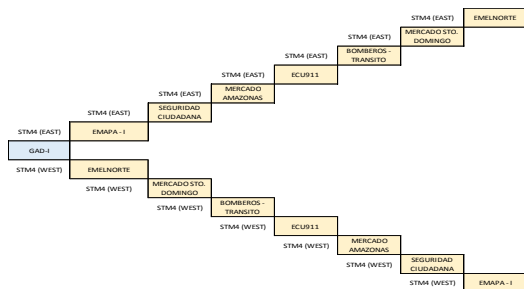


Figura 20: Esquema de Sincronización SDH. Fuente: Propia.

### Equipamiento SDH-WDM.

Para este estudio se seleccionó el modelo OSN550, Figura 21, perteneciente a los modelos de Multiplexación de la familia Optix OSN500. Este equipamiento SDH es modular y permite un crecimiento paulatino dependiendo de los servicios requeridos.



Figura 21: Chasis OSN 550. Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

Estas tarjetas permiten el control y funcionamiento del sistema SDH, adicionalmente manejan el reloj, sincronía y las cross conexiones de los servicios ya sean estos TDM (PDH, SDH y EoS - Ethernet over SDH) o Híbridos (TDM y Packet - MPLS), adicionalmente poseen interfaces SDH o GE de procesamiento interno para proveer servicios de conectividad con sitios remotos, Figura 22.

Slot 91 (PIU)	Slot 93 (FAN)	Slot 7 (System control, switching, and timing boards)	Slot 8 (System control, switching, and timing boards)
Slot 92 (PIU)		Slot 5 (EXT)	Slot 6 (EXT)
		Slot 3 (EXT)	Slot 4 (EXT)
		Slot 1 (EXT)	Slot 2 (EXT)

Figura 22. Distribución de slots OSN550. Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006.

### Análisis Costo Beneficio.

En este punto la inversión a realizarse tomando en cuenta no solo el valor económico, sino también el beneficio que este estudio representa para el GAD

Municipal de San Miguel de Ibarra, que es una institución de servicio a la ciudadanía.

El análisis se basó, en los equipos disponibles en el mercado nacional, las marcas más utilizadas y los precios referenciales de las mismas. Dentro de los equipos se consideran multiplexores, tarjetas y patch cords, que se describen en la Tabla 2.

Tabla 2: Costo de equipos.

	EQUIPAMIENTO	COSTO UNITARIO (\$)	CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)
TARJETAS	SUBRACK OSN550	\$ 2.011,48	8	16.091,86
	CXL4	\$ 1.435,90	16	22.974,40
	SFP SDH S-4.1 (15 Km)	\$ 220,34	2	440,67
	EGT1	\$ 954,96	3	2.864,88
	SFP ETH LX (10Km)	\$ 305,13	3	915,38
MATERIALES	EFS8	\$ 954,96	8	7.639,68
	PATCH CORD LC/SC	\$ 25,00	32	800,00
	PATCH CORD LC/LC	\$ 33,00	6	198,00
<b>TOTAL EQUIPOS (\$)</b>				<b>51.924,88</b>

Fuente: Propia.

Además en la Tabla 3, se considera el costo del servicio de instalación de cada sitio:

Tabla 3: Cálculo de costos de instalación de equipos.

Descripción	SUBTOTAL \$
Instalación GAD-I	150,00
Instalación EMAPA-I	150,00
Instalación Seguridad Ciudadana	150,00
Instalación Mercado Amazonas	150,00
Instalación Cuerpo de Bomberos - Transito	150,00
Instalación ECU911	150,00
Instalación Mercado Santo Domingo	150,00
Instalación EMELNORTE	150,00
Capacitación sobre usos de equipos para dos personas	3.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>4.200,00</b>

Fuente: Propia.

## Parámetros Financieros.

Con el objetivo de determinar si el diseño es viable o no, se realiza el cálculo del VAN<sup>3</sup> y el TIR<sup>4</sup>, así como el PRI<sup>5</sup>.

Tabla 4: Flujo de caja.

INGRESOS DE EFECTIVO	AÑOS						Total
	0	1	2	3	4	5	
Aporte Propio	\$ 67.914,97						\$ 67.914,97
Ingresos por cobro adicional (\$ 0,25)		\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 413.952,50
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>\$ 67.914,97</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 481.867,47</b>
<b>EGRESOS DEL PROYECTO</b>							
Desembolso de la inversión	\$ 67.914,97						\$ 67.914,97
Costos Pago recaudadores		\$ 29.649,00	\$ 29.649,00	\$ 29.649,00	\$ 29.649,00	\$ 29.649,00	\$ 148.245,00
Gastos mantenimiento		\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 3.500,00
Gastos publicidad		\$ 2.400,00					\$ 2.400,00
Aporte EMAPA y EMEINORTE		\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 19.105,50
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$ 67.914,97</b>	<b>\$ 36.570,10</b>	<b>\$ 34.170,10</b>	<b>\$ 34.170,10</b>	<b>\$ 34.170,10</b>	<b>\$ 34.170,10</b>	<b>\$ 241.165,47</b>
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 46.220,40</b>	<b>\$ 48.620,40</b>	<b>\$ 48.620,40</b>	<b>\$ 48.620,40</b>	<b>\$ 48.620,40</b>	<b>\$ 240.702,00</b>

Fuente: Propia.

Tabla 5: Cálculo de Parámetros Financieros.

CÁLCULO DE PARÁMETROS FINANCIEROS						
<b>1.- Valor actual neto</b>						
Tasa de descuento:		10,00%				
Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
-\$ 67.914,97	\$ 46.220,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	
Valor presente	\$ 182.127,75					
- Inversión	-\$ 67.914,97					
<b>VAN =</b>	<b>\$ 114.212,78</b>					
<b>2.- Tasa interna de retorno</b>						
Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
-\$ 67.914,97	\$ 46.220,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	
<b>TIR =</b>	<b>64,21%</b>					
<b>3.- Período de recuperación</b>						
Inversión	-\$ 67.914,97					
Año	Flujos	Por recuperar				
1	\$ 46.220,40	-\$ 21.694,57				
2	\$ 48.620,40	\$ 26.925,53				
3	\$ 48.620,40	\$ 75.546,23				
4	\$ 48.620,40	\$ 124.166,63				
5	\$ 48.620,40	\$ 172.787,03				
La Inversión se recupera en:		1 años	5 meses	10 días		
			5,35	10,63		

Fuente: Propia.

## Conclusiones.

- La tecnología de red SDH como red de transporte, permite la integración de múltiples tecnologías sean estas PDH (E1's, T1's), SDH (STM-1/4/16/64) y EoS (Ethernet sobre SDH).
- Eficiencia en el uso de canal de comunicación a través de contenedores virtuales tales como VC-12, VC-3 y VC-4, optimizando el canal de comunicación para servicios punto a punto.

- Escalabilidad en su capacidad de transmisión acorde a las necesidades requeridas por el crecimiento de la red, transformando las señales de comunicación SDH en lambdas de transporte WDM, para ello utilizan interfaces STM-1/4/16/64 con segmentaciones CWDM o DWDM.

## Recomendaciones.

- Acorde al crecimiento poblacional de 1.8 % anual, este factor no es significativo en este diseño debido a que no involucra cambios considerables en los servicios de Voz, Datos y Video.
- Se recomienda el uso de este tipo de interfaz y se deja la apertura de incremento a interfaces STM-16 (2.5 Gbps) que brindaran de mayor capacidad en el caso que la red lo requiera.

## Bibliografía.

- Alberti, A & Fernández, R. (2011). Ethernet over SDH. Revista de Telecomunicaciones.
- Behrouz A. (2007). Redes De Comunicaciones (4ª. ed.). España: Mc Graw-Hill
- Bedoya, C. &. (s.f.). "Evolución de la Fibra Óptica". Recuperado de: [http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/anexos/6213692H557\\_anexo.pdf](http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/anexos/6213692H557_anexo.pdf)
- Caballero, J. (2012). Redes de Sincronización SDH. Barcelona. ALBELDO Telecom
- Ciaccarelli, P & Faulkner, C. 2 da Edition (2013). Networking Basics. United States: Wiley John.
- Cuevas, A. (s.f.). Manual Básico de Tecnología Audiovisual. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/35432725/01-La-luz>

<sup>3</sup> Valor actual neto.

<sup>4</sup> Tasa Interna de Retorno

<sup>5</sup> Periodo de Retorno de Inversión

Donoso, Y. (2009). Network Design for IP Convergence. United States: Auerbach.

Gorshe, S. (2005). A tutorial on SONET/SDH Automatic Protection (APS).

Huidrobo, Jose.M. & Martínez, David. Roldan. (2004). Redes y Servicios de Banda Ancha. España: Mac Graw Hill (1era. Ed.)

#### **TESIS:**

Chimborazo, G.H. (2009). Diseño de una red de voz, datos y video para el mall financiero de la cooperativa de Ahorro y Crédito y Vivienda de la Cámara de Comercio de Ambato, Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica Nacional

Culqui, V. (2009). Estudio y diseño de una red de transmisiones de fibra óptica NG-SDH entre las ciudades de Quito, Latacunga y Ambato, para la corporación nacional de telecomunicaciones. Proyecto de titulación. Escuela politécnica nacional.

Culqui, N. (2012). Diseño de un sistema de telefonía basado en software libre e integración con la red de datos: como alternativa de comunicación de voz sobre el protocolo IP entre dependencias del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. Proyecto de titulación. Universidad Técnica del Norte.

#### **BIOGRAFÍA.**



#### **Anangonó Viteri**

**Luis Javier**, nació en Atuntaqui 24 de julio de 1987. Realizo sus estudios en el Colegio Nacional “Teodoro Gómez de la Torre”. En el año 2006 ingreso a la

Universidad Técnica del Norte. Area de Interés: Redes de telecomunicaciones. ([ljeev1987@hotmail.es](mailto:ljeev1987@hotmail.es))



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN

SCIENTIFIC ARTICLE

THEME:

INTEGRATED SERVICES USING THE DESIGN OF THE NETWORK OVER  
OPTICAL FIBER RING, IN THE GOBIERNO AUTONOMO  
DESCENTRALIZADO DE SAN MIGUEL DE IBARRA, BASED ON SDH  
TRANSMISSION TECHNOLOGY.

AUTHOR: LUIS JAVIER ANANGONÓ VITERI

DIRECTOR: ING. CARLOS VÁSQUEZ

IBARRA, 2015

# INTEGRATED SERVICES USING THE DESIGN OF THE NETWORK, OVER OPTICAL FIBER RING IN THE GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO OF SAN MIGUEL OF IBARRA, BASED ON SDH TRANSMISSION TECHNOLOGY.

Anangonó Javier.

Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Técnica del Norte University, Av. 17 17 de julio 5-21, Ibarra-Imbabura.

[ljeev1987@hotmail.es](mailto:ljeev1987@hotmail.es)

**Summary:** The proposed project is to make a design on the fiber optic network, installed along the Gobierno Autónomo of San Miguel de Ibarra and municipal entities that comprise it.

Consisting basically of fundamental concepts of fiber optic multiplexing schemes TDM, WDM, current status of each of the entities proposed design of the network with SDH transmission technology and a cost-benefit.

## CHAPTER I. Transmission protocol SDH, WDM and TDM multiplexing, fiber optics.

During the technological development in communication systems, we have developed numerous techniques for data conversion. This process started from data transmission in analog form, to its subsequent evolution signals to digital format, as shown in Figure 1.

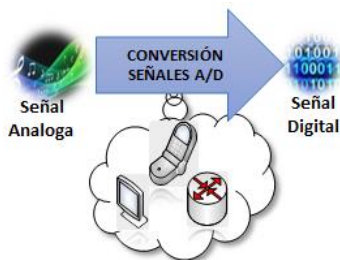


Figure 1: Digitalization of a signal.

The technique used is the pulse code modulation, PCM, where to reconstruct a signal in digital form, take samples twice its bandwidth or maximum frequency.

$$f_m > 2 \cdot f_{\text{máx}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Fuente: Oppenheim, A & Willsky, A (s.f). (2ª ed.). *Señales y Sistemas*. México: Prentice Hall

The conversion is performed through three main processes:

- **Sampling:** involves taking samples of a continuous signal at a given time.
- **Quantification:** In this process a discrete value is assigned to each of the samples of the signal, between the minimum and maximum amplitude.
- **Coding:** each of the samples were quantified, it is assigned a binary value

(According Stallings, 2004) The most common representation of this theorem is represented in the voice signals, these have a hearing range at approximately 4 kHz of bandwidth.

$$V_c = \frac{8000 \text{ muestras}}{\text{seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{\text{muestra}} = 64000 \text{ bps} = 64 \text{ Kbps}$$

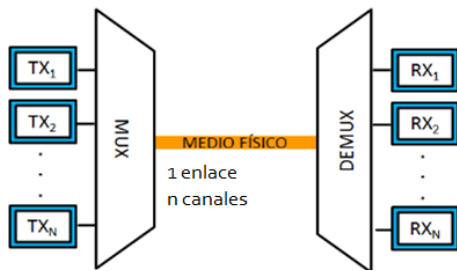
Fuente: Stallings, W. (2008). (7ª. ed.) *Comunicación y Redes de Computadoras*. México: Pearson Prentice

As shown in Equation, if there are 8000 samples / sec and are grouped in groups of 8 bits per sample, obtaining a digital 64kbps channel.



## Multiplexing.

Optimizing the transmission of data on a physical or wireless medium is one of the most important factors in the communication networks, since it depends on the growth of existing resources. Is for this reason that use of multiplexing systems that allow on a same transmission medium group multiple communication channels, Figure 2.

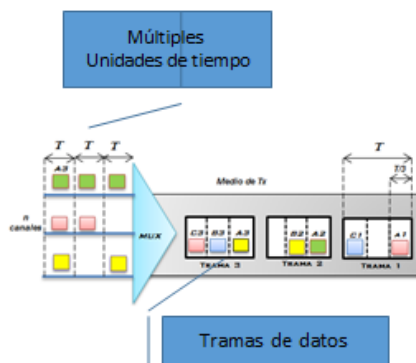


**Figure 2.** Multiplexación. Fuente: Stallings, W. (2008). (7ª. ed.) Comunicación y Redes de Computadoras. México: Pearson Prentice

In the multiplexing process, different techniques exist, which are:

### TDM (Time Division multiplexing).

Each data stream to be transmitted is divided into multiple units, where each unit is assigned a particular time slot, as shown in Figure 3.



**Figure 3:** TDM Multiplexing.

## PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).

The PDH system uses the basic rate of 64 kbps signal, to establish three general rules multiplexing:

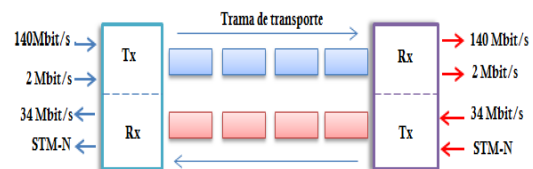
- T1: Standard American de 1544 Kbps.
- J1: Norma Japanese de 1544 Kbps.
- E1: European standard 2048 Kbps

Currently in our country the European PDH standard is used, according to ITU-T Recommendation G.704, which handles transmissions originating from the 30 channels and two channels of 64 kbps sy  $30 \text{ señales} + 2 \text{ de control} = 32$ , fin:  $32 \times 64 \text{ Kbps} = 2048 \text{ Kbps} = 2.048 \text{ Kbps}$  1, equ...

**Fuente:** Sistemas y Medios de Transmisión, Digitales. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.704>.

## SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

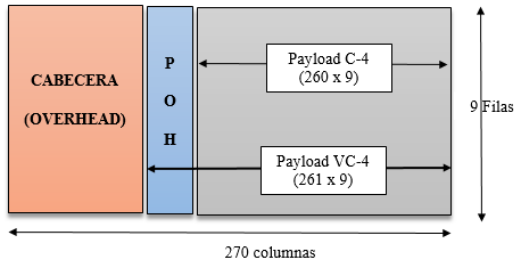
SDH is defined as a transport network in entering multiple tributary signals required by the customer or user to the transmitter, encapsulated in containers or also called transport streams, Figure.5, whose size varies according to the speed present. Eliminating disadvantages of having different standards for speeds not exceeding 140 Mbps and PDH.



**Figure 5:** Transmisión y Recepción SDH. Fuente: Marconi, (2004) Introducción a la jerarquía Digital Sincrónica, Fundamentos Básicos. (ed. e) AN00091831.

### Scheme of the STM-1 frame.

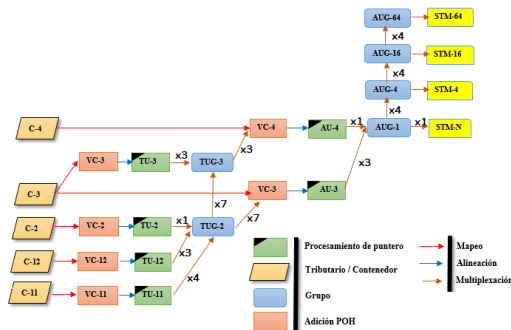
The scheme STM-1 specified in Recommendation ITU-TG707. It is formed from the integration of several bitstreams, called "tributary", synchronously transported in frames, "modules", known as Synchronous Transport Module (STM-N).



**Figure 6.** Scheme of frame STM-1. Fuente: Sistemas y medios de transmisión, digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.132>.

### SDH multiplexing scheme.

In the Figure 7, the specific multiplexing process is determined for the formation of the STM-N frame:



**Figure 7.** SDH multiplexing process.

Note that in Figure 6, the following specific, present processes are released into the STM-N frame:

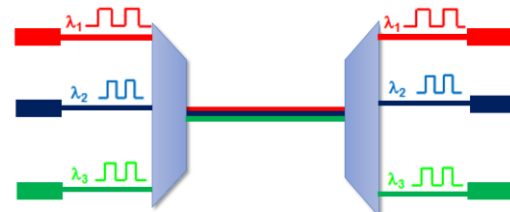
- a) **Mapping:** used for all tributary signals fit within the CV-n by adding bytes of justification and POH.
- b) **Alignment:** In this process a pointer to the Tributary Unit (TU) or Administrative Unit (AU) is added. Besides indicating the location of the VC-n at the time of transmission.

c) **Multiplexing:** used to adjust various signals of lower order (LO) to a higher order (HO). When higher order signals are adapted to a multiplex section.

d) **Stuffed:** used to adapt the rate of tributary, to the container.

### WDM (wavelength multiplexing).

WDM can transmit information through a beam of light, where data is sent in a wavelength ( $\lambda$ ), other without any interference between them appears, which enables various communications carried out in the same means of transmission (Alway. V, 2007), Figure 8.



**Figure 8:** WDM. Wavelength multiplexing

Fuente: Tutorial de Comunicaciones Ópticas (s.f).

### SDH protection schemes.

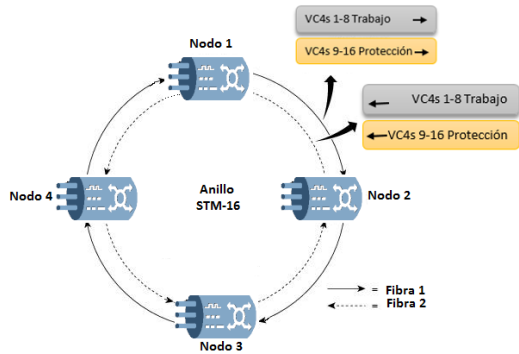
#### SNCP protection.

SNCP provides protection service level, ie individual all the way VC low-order (VC-11, VC-12, VC-2) and high-order (VC-3, VC-4) respectively.

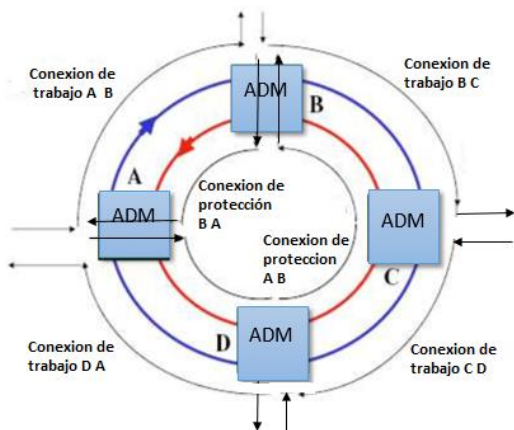
In this type of protection the user has the ability to prioritize according to criticality level you have, Figure 9 (a).

#### MS-Pring protection.

Unlike the SNCP protection scheme, in such half of the channel capacity to the protection path, Figure 9 (b) is assigned.



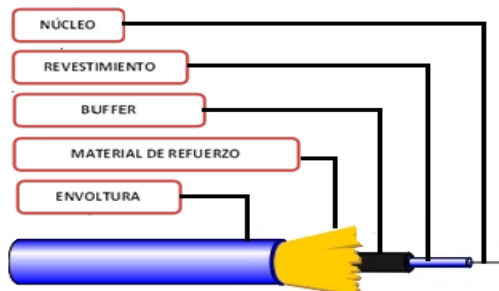
**Figure 9. (a)** Protection MSSPring/2. Fuente: Perros, H. (2005) Fuente: Connection Oriented Network SONET/SDH, ATM, MPLS and Optical Network.



**Figure 9. (b)** Scheme SNCP protection. Fuente: Lee, B & Woojune, K. (2002). Integrated Broadband Networks: TCP/IP, ATM, SDH/SONET, and WDM/Optics.

## Optical Fiber.

Fiber optics is a transmission medium that can send massive amounts of information, providing the ability to offer services with high bandwidth, simultaneously, as shown in Figure 10.



**Figure 10.** The optical fiber structure. Fuente: Stallings, W. (2008). Comunicaciones y Redes de Computadoras. (7a. Ed.). México: Pearson Prentice Hall.

The optical fiber is classified into two types of fibers, which are determined based on the type of spread of beam widths in the optical fiber core.

## Multimode optical fiber.

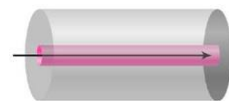
In such light beams are sent in various directions, because its core has a relatively large diameter, as shown in Figure 11.



**Figure 11:** Multimode Fiber Optic. Fuente: Iñigo.J (2009) Estructura de Redes y Computadoras.

## Single-mode optical fiber.

Unlike multimode optical fiber is sent a single beam of light, which allows you to carry a larger amount of information than that of multimode optical fiber distances, as shown in Figure 12.



**Figure 12:** Singlemode Fiber Optic. Fuente: Iñigo.J (2009) Estructura de Redes y Computadoras.

## CHAPTER II. Study and analysis of the current state of the network nodes.

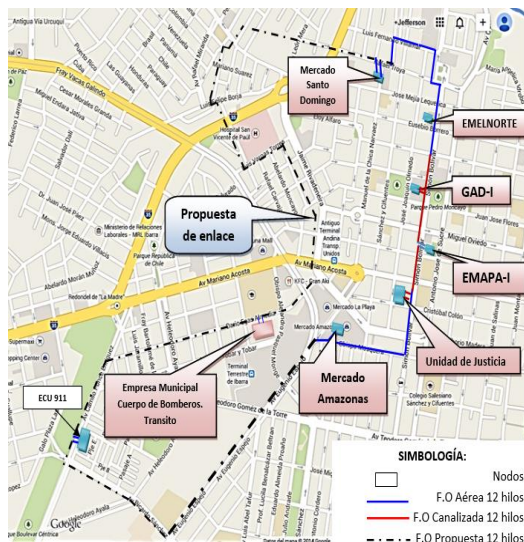
### Current Situation.

The GAD-I is a municipal public institution in charge of the control, development and operation of the works that are planned and executed in the canton Ibarra, for that there

are governmental entities working in coordination for the provision of basic services, public safety, among these are: EMAPA, Unidad de Seguridad Ciudadana Justicia y Policía, Comisaría Municipal de Higiene y la Comisaría Municipal de Construcciones, Mercados Amazonas, Mercado Santo Domingo, Ecu-911, Unidad Municipal de Cuerpo de Bomberos y EMELNORTE.

**GAD-I connectivity with municipal and government subsidiaries.**

At present the GAD-I has implemented a fiber optic network under the standard G.652D a linear physical topology, Figure 13, allowing the transmission of video surveillance systems distributed in different strategic points considered risky. While the Ecu-911 is not part of the municipal institutions, as part of the Ministry of Interior. It is considered in our design since the cameras video surveillance system monitored by the GAD-I, through a cooperation agreement will become part of the integrated system of public safety.



**Figure 13:** Distribution and location entities. Fuente: datos obtenidos del departamento de sistemas del GAD-I.

**Communication network implemented in the GAD-I.**

The structure handled in the GAD-I is the Ethernet type on a 1Gbps transmission channel formed by switches and CISCO

router 2960 and 2811 respectively, as shown in Figure 14.

**Existing services provided in the GAD-I and the municipal entities.**

The services delivered are:

**Voice services.**

Currently existing telephone exchanges in the municipal and governmental entities are independent, meaning that in each institution there is a center that provides voice communication to employees of each subsidiary in its various departments, in addition to this, each switchboard has a trunked access external telephone lines, the operation is identified in Figure 15.

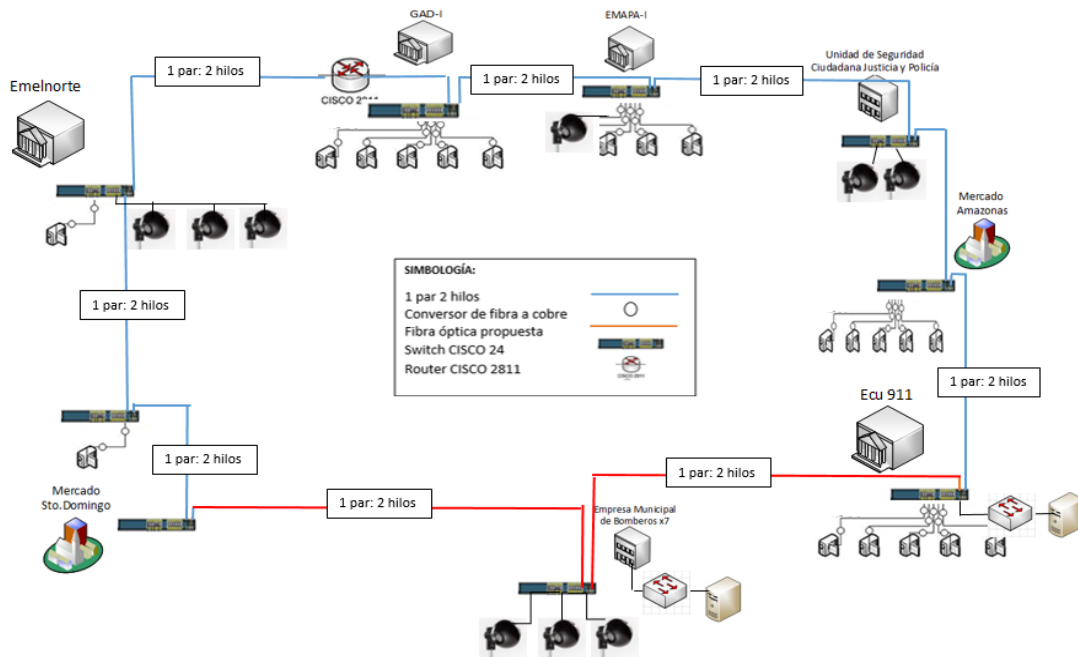


Figura 14: Situación actual del enlace de FO del GAD-I. Fuente: Propia.

Figura 16: Registro mensual de ventanillas de recaudación del GAD-I. Fuente: Propia.

### Voice services.

Currently existing telephone exchanges in the municipal and governmental entities are independent, meaning that in each institution there is a center that provides voice communication to employees of each subsidiary in its various departments, in addition to this, each switchboard has a trunked access external telephone lines, the operation is identified in Figure 15:

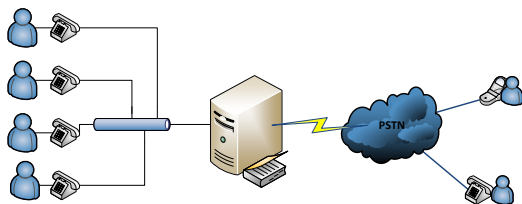


Figure 15: Current Situation voice of each entity.

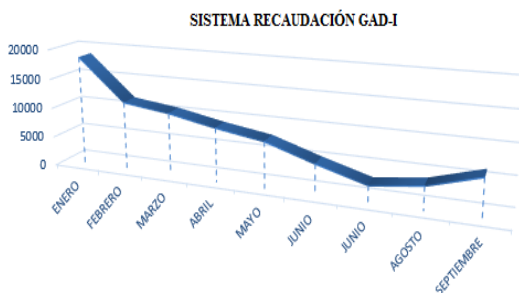
### Video services.

The Public Security System are projects made by the GAD-I, with the objective of reducing criminal activity and safeguard the personal and collective welfare throughout the city.

The mechanisms used to structure this project are video surveillance systems, which is based on the integration of various types of video cameras, responsible for storing images in real time on server management and monitoring, enabling alert and take evidence on incidents that arise in the area.

### Voice services.

At this point, the analysis of voice services between institutions, which is made by analyzing the various requirements that the GAD-I and government institutions need to communicate. This process is explained in detail in the design of the SDH network.





### Analysis service transmission capacity.

In the Table it is describe the transmission capacity for each of the services of video, voice and data described detailed.

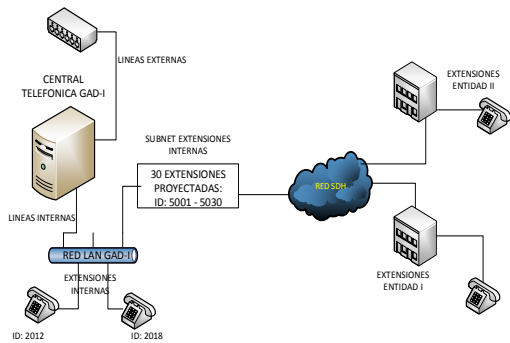
**Table. 1.** Resumen de la capacidad de transmisión.

Tipo de servicio	Servicio de voz (kbps)	Servicio de datos (kbps)	Servicio de video (Mbps)
Cap. de tx de voz	88.8		
Cap. de tx cámara PTZ			1.75
Cap. de tx TrafiCam x stream			0.72
Cap. de tx registro GAD-I		72	
Cap. de tx registro EMAPA		97.59	
Cap. de tx registro EMELNORTE		63.23	

Fuente: Propia.

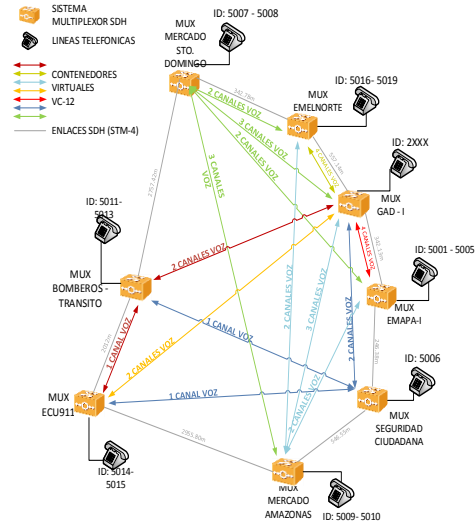
### Network design.

Based on network requirements and capabilities of transmission service, the next step is to make the traffic matrix of video, voice and data, as well as SDH connection diagrams of each of the services.



**Figure 17:** IP network diagram proposed. Fuente: requerimientos de cada institución.

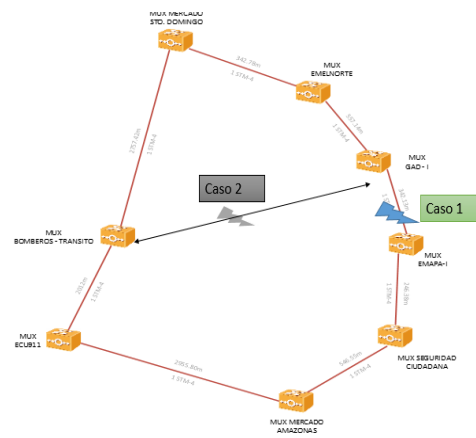
With reference to Figure 17, the necessary transmission channels is determined, for service integration through the exchange of GAD-I.



**Figure 18:** Ring network topology SDH proposal. Fuente: Propia.

### Protection scheme.

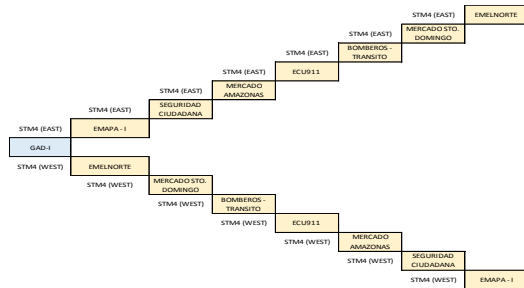
Within the framework of protection, SDH transport network allows switching to a protection path when a fault occurs on the link work, Figure 19.



**Figure 19:** SDH protection scheme. Fuente: Propia.

Moreover, so much the protection scheme also synchronization is established within the SDH network, on the main equipment of

the multiplexer clock that is in the GAD-I, and the remaining side as government institutions, as shown which slave, in Figure 20.



**Figure 20:** Scheme of Synchronization SDH. Fuente: Propia.

### SDH-WDM equipment.

For this study the model OSN550 is selected, as shown in Figure 21. The SDH equipment is modular and allows a gradual growth based on the services required.



**Figura 21:** Chasis OSN 550. Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

These cards allow the control and operation of the SDH system, additionally manage the clock, synchronization and cross-connections of either TDM services (PDH, SDH and EOS - Ethernet over SDH) or hybrid (TDM and Packet - MPLS) plus SDH interfaces or GE has the internal process to provide services connectivity remote sites, Figure 22.

Slot 91 (PIU)	Slot 93 (FAN)	Slot 7 (System control, switching, and timing boards)	Slot 8 (System control, switching, and timing boards)
Slot 92 (PIU)		Slot 5 (EXT)	Slot 6 (EXT)
		Slot 3 (EXT)	Slot 4 (EXT)
		Slot 1 (EXT)	Slot 2 (EXT)

**Figure 22.** Distribution of slots OSN550. Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006.

At this point the investment to be made taking into account not only economic value, but also the benefit that this study represents to the Municipal GAD San Miguel de Ibarra, which is an institution of service to the public.

The analysis was based on the equipment available in the market the brands used and the reference prices for the same. Among the equipment are considered multiplexers, cards and patch cords, which are described in Table 2.

**Table 2:** Equipment cost.

	EQUIPAMIENTO	COSTO UNITARIO (\$)	CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)
TARJETAS	SUBRACK OSN550	\$ 2.011,48	8	16.091,86
	CXL4	\$ 1.435,90	16	22.974,40
	SFP SDH S-4.1 (15 Km)	\$ 220,34	2	440,67
	EGTI	\$ 954,96	3	2.864,88
	SFP ETH LX (10Km)	\$ 305,13	3	915,38
	EFS8	\$ 954,96	8	7.639,68
MATERIALES	PATCH CORD LC/SC	\$ 25,00	32	800,00
	PATCH CORD LC/LC	\$ 33,00	6	198,00
<b>TOTAL EQUIPOS (\$)</b>				<b>51.924,88</b>

Fuente: Propia.

Also in Table 3, considering the cost of the service installation of each site:

**Tabla 3:** Costing equipment installation.

Descripción	SUBTOTAL \$
Instalación GAD-I	150,00
Instalación EMAPA-I	150,00
Instalación Seguridad Ciudadana	150,00
Instalación Mercado Amazonas	150,00
Instalación Cuerpo de Bomberos - Transito	150,00
Instalación ECU911	150,00
Instalación Mercado Santo Domingo	150,00
Instalación EMELNORTE	150,00
Capacitación sobre usos de equipos para dos personas	3.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>4.200,00</b>

Fuente: Propia.

## Financial parameters.

In order to determine if the design is viable or not, calculate the performed of VAN, TIR, and the PRI.

**Table 4:** Cash flow.

FLUJO DE CAJA						
INGRESOS DE EFECTIVO	AÑOS					Total
	0	1	2	3	4	
Aporte Propio	\$ 67.914,97					\$ 67.914,97
Ingresos por cobro adicional (\$ 0,25)		\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>\$ 67.914,97</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>\$ 67.914,97</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 82.790,50</b>	<b>\$ 481.867,47</b>
<b>EGRESOS DEL PROYECTO</b>						
Desembolso de la inversión	\$ 67.914,97					\$ 67.914,97
Costos Pago recaudadores		\$ 29.649,00	\$ 29.649,00	\$ 29.649,00	\$ 29.649,00	\$ 148.245,00
Gastos mantenimiento		\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 3.500,00
Gastos publicidad		\$ 2.400,00				\$ 2.400,00
Aporte EMAPA y EMEUNORTE		\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 19.105,50
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$ 67.914,97</b>	<b>\$ 36.570,10</b>	<b>\$ 34.170,10</b>	<b>\$ 34.170,10</b>	<b>\$ 34.170,10</b>	<b>\$ 241.165,47</b>
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 46.220,40</b>	<b>\$ 48.620,40</b>	<b>\$ 48.620,40</b>	<b>\$ 48.620,40</b>	<b>\$ 240.702,00</b>

Fuente: Propia.

**Table 5:** Financial calculation parameters.

CÁLCULO DE PARÁMETROS FINANCIEROS					
<b>1.- Valor actual neto</b>					
Tasa de descuento:	10,00%				
Inversión	FLUJOS				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
-\$ 67.914,97	\$ 46.220,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40
Valor presente	\$ 182.127,75				
- Inversión	\$ 67.914,97				
<b>VAN =</b>	<b>\$ 114.212,78</b>				
<b>2.- Tasa interna de retorno</b>					
Inversión	FLUJOS				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
-\$ 67.914,97	\$ 46.220,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40
<b>TIR =</b>	<b>64,21%</b>				
<b>3.- Período de recuperación</b>					
Inversión	-\$ 67.914,97				
Año	Flujos	Por recuperar			
1	\$ 46.220,40	-\$ 21.694,57			
2	\$ 48.620,40	\$ 26.925,83			
3	\$ 48.620,40	\$ 75.546,23			
4	\$ 48.620,40	\$ 124.166,63			
5	\$ 48.620,40	\$ 172.787,03			
<b>La Inversión se recupera en:</b>	<b>1 años</b>	<b>5 meses</b>	<b>10 días</b>		
		5,35	10,63		

Fuente: Propia.

## Conclusions.

- SDH technology and transportation network, allows the integration of multiple technologies are these PDH (E1's, T1's), SDH (STM-1/4/16/64) and EoS (Ethernet over SDH).

- Efficiency of communication channel through virtual containers such as VC-12, VC-3 and VC-4, optimizing the communication channel for point-to-point services.
- Scalability in transmission capacity according to the needs required by the network growth, transforming SDH communication signals in WDM transport lambdas, for it used STM-1/4/16/64 CWDM or DWDM interfaces segmentations.

## Recommendations.

According to population growth of 1.8% per year, this factor is not significant in this design because it does not involve significant changes in the services of Voice, Data and Video.

Using this type of interface is recommended and increased opening interfaces to STM-16 (2.5 Gbps) to provide higher capacity if required by the network is allowed.

## Bibliography.

- Alberti, A & Fernández, R. (2011). Ethernet over SDH. Revista de Telecomunicaciones.
- Behrouz A. (2007). Redes De Comunicaciones (4ª. ed.). España: Mc Graw-Hill
- Bedoya, C. &. (s.f.). "Evolución de la Fibra Óptica". Recuperado de: [http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/digitales/texto/anexos/6213692H557\\_anexo.pdf](http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/digitales/texto/anexos/6213692H557_anexo.pdf)
- Caballero, J. (2012). Redes de Sincronización SDH. Barcelona. ALBELDO Telecom

Ciaccarelli, P & Faulkner, C. 2 da Edition (2013). Networking Basics. United States: Wiley John.

Cuevas, A. (s.f.). Manual Básico de Tecnología Audiovisual. Recuperado de:  
<http://es.scribd.com/doc/35432725/01-La-luz>

Donoso, Y. (2009). Network Design for IP Convergence. United States: Auerbach.

Gorshe, S. (2005). A tutorial on SONET/SDH Automatic Protection (APS).

Huidrobo, Jose.M. & Martínez, David. Roldan. (2004). Redes y Servicios de Banda Ancha. España: Mac Graw Hill (1era. Ed.)

#### **TESIS:**

Chimborazo, G.H. (2009). Diseño de una red de voz, datos y video para el mall financiero de la cooperativa de Ahorro y Crédito y Vivienda de la Cámara de Comercio de Ambato, Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica Nacional

Culqui, V. (2009). Estudio y diseño de una red de transmisiones de fibra óptica NG-SDH entre las ciudades de Quito, Latacunga y Ambato, para la corporación nacional de telecomunicaciones. Proyecto de titulación. Escuela politécnica nacional.

Culqui, N. (2012). Diseño de un sistema de telefonía basado en software libre e integración con la red de datos: como alternativa de comunicación de voz sobre el protocolo IP entre dependencias del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. Proyecto de titulación. Universidad Técnica del Norte.

#### **Biography**



Anangonó Luis Javier Viteri, born in Atuntaqui July 24, 1987. He studied at the National "Teodoro Gomez de la Torre" School. In 2006 joining the Technical University North. Area of Interest: networks.

Telecommunications  
(ljeev1987@hotmail.es)

