



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

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



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital institucional determina la necesidad de disponer los textos completos de forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición el siguiente trabajo:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula de Identidad	100357076-7
Apellidos y nombres	Anangonó Viteri Luis Javier
Dirección	Azaya, Ibarra
Email	ljeev1987@hotmail.es
Teléfono	Fijo: 2545416 Móvil: 0969969780

DATOS DE LA OBRA	
Título	“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	Anangonó Viteri Luis Javier
Fecha	29 de abril de 2015.
Programa	Pregrado
Título por el que opta	Ingeniería en Electrónica y redes en Comunicación
Director	Ing. Carlos Vásquez

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Luis Javier Anangonó Viteri, con cédula de identidad Nro. 100357076-7, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en Repositorio Digital Institucional y el uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

3.CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad del contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, 29 días del mes de abril de 2015.

.....
El Autor:

Luis Javier Anangonó Viteri

CI: 100357076-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **Luis Javier Anangonó Viteri**, con cédula de identidad Nro. 100357076-7, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: **“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. PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS FICA”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes mencionada, aclarando que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para una calificación profesional.

En constancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

.....

Firma

Nombre: Luis Javier Anangonó Viteri.

Cédula: 100357076-7

Ibarra a los 29 días del mes de abril de 2015.

DECLARACIÓN

Yo, Luis Javier Anangonó Viteri, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, del reglamento y normativa vigente de la universidad Técnica del Norte.

.....
Luis Javier Anangonó Viteri

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Tesis **“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”** ha sido realizada en su totalidad por el señor: Luis Javier Anangón Viteri portador de la cédula de identidad con número: 100357076-7.

.....
Ing. Carlos Vásquez
Director de Tesis

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermano, por su apoyo durante este periodo de mi vida, donde con su sacrificio y responsabilidad han permitido culminar con mi carrera profesional.

A mi Director de Tesis, el Ing. Carlos Vásquez, quien me ha ayudado a poder culminar satisfactoriamente mi tema de tesis, y por sus consejos para poder resolver todos los problemas que se me han presentado en el transcurso del desarrollo de la misma.

A los docentes de mi universidad por ser personas, que me han enseñado a saber cómo desempeñarme como profesional y saber resolver con bases y fundamentos teóricos y prácticos los diferentes problemas que se me presenten durante mi vida profesional.

A mis compañeros con quien hemos compartido tantos momentos malos y buenos, y por la ayuda brindada cuando lo necesite.

Al personal técnico del Gobierno Autónomo Descentralizado de Ibarra, Emelnorte, EMAPA, Estación Municipal del Cuerpo de Bomberos, Unidad de justicia, Mercados Santo Domingo y Amazonas, Ecu 911.

Javier Anangonó.

DEDICATORIA.

Este trabajo va dedicado a la persona más especial y al pilar fundamental de mi vida, a mi madre (Fanny Viteri). La persona con quien hemos compartido momentos inolvidables y con quien superamos todos los tiempos difíciles a lo largo de estos años. A mi abuelito (Manuel Viteri) que aunque ya no esté conmigo, le agradezco siempre, por sus consejos para que sea una persona de bien y a saber que con un buen saludo y un Dios le pague a las personas que nos ayudan día a día, son aspectos importantes que junto con el esfuerzo diario nos ayudan a ser mejores personas. A mi brother David Anangonó, que sigas adelante y que Dios te guarde y te cuide siempre.

También para Myriam Estefanía Muñoz García, por ser una compañera inseparable y estar conmigo siempre en momentos tan difíciles para mí. A Amparito y Consuelo García, Kisy, Oscar, Leticia Muñoz, les agradezco por todo.

A Fabián Viteri y a su familia., así como a mis hermanos, Mauricio, Santiago, Margarita Congo.

Y finalmente para el Ing. Geovany Andrade, director técnico de proyectos de transmisión de la empresa de Telecomunicaciones Huawei, así como al Ing. Pablo Rodríguez responsable técnico de la empresa de Telecomunicaciones Milestone.

A todos que Dios los llene de bendiciones y que todas las metas propuestas se cumplan para beneficios tanto de ustedes como de sus familias. Dios le pague por todo de corazón.

Lo logramos negrita, amparo, davis, abuelito, chiquitín, cundi, fagoga, kiki, lokitar, amparito, mami coi.

RESUMEN GENERAL

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.

Además se hará una investigación acerca de la tecnología de transmisión SDH y su modelo de multiplexación, una solución altamente flexible que permite transportar diferentes tipos de tráfico, como los generados por las redes Ethernet e IP.

Se establece las principales características de la fibra óptica monomodo G.652D, así como los diferentes tipos de fibra óptica que existen en la actualidad. Dentro de este proceso se realizara el levantamiento de la información en cada una de las entidades, para determinar que equipos son necesarios para realizar el diseño de la red entre instituciones. Uno de los aspectos más importantes es determinar el tipo de servicios a integrar entre cada una de las instituciones, así como determinar en forma general los principales aspectos necesarios para establecer que capacidad del canal se necesita para transportar los servicios de voz, video y datos.

Se establecerá una comparación acerca de los diferentes marcas de equipos de transmisión, de los cuales es más difundido en el país es el de la corporación Huawei, por su versatilidad y las múltiples opciones que permiten obtener una red con crecimiento de capacidad escalable, conforme los requerimientos que se presenten.

Para terminar se realiza un análisis Costo-Beneficio, el mismo que permitirá determinar un presupuesto de equipos, servicios e implementación futura a lo largo de la red de nodos del Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra.

ABSTRACT

The proposed project is to make a design on the fiber network along the Decentralized Autonomous Government from Ibarra and municipal entities, with the Hierarchy Digital Synchronization, with the objective of integrating voice services, video and data by assigning communication channels.

In addition there will be an investigation of the SDH transmission technology and multiplexing model, a highly flexible solution that allows transport various types of traffic, such as those generated by the Ethernet and IP networks, also it determined the main characteristics of single-mode optical fiber G.652D and different types of optical fiber currently exist. The collect the information on each of the entities, to determine what equipment is needed for the design of the network between institutions.

One of the most important aspects is to determine the type of services to integrate between each of the institutions and determine the main aspects generally required to establish that channel capacity is needed to carry voice, video and data.

It specified in the Annexes, each of the features that were used for the design of the network, as well as ways in which the SDH technology, allows for a quicker way to get better response times when a fault occurs in the link. In addition to various service protection schemes that allow the administrator to efficiently manage the fiber optic ring.

A comparison about the different brands of transmission, which is most widespread in the country is the Huawei corporation, for its versatility and multiple options to obtain a network with growth of scalable capacity, under the requirements that arise.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto que permitirá “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”, se ha realizado con el objetivo principal de optimizar la red y permitir unificar los servicios de recaudación del GAD, Emapa y Emelnorte, con la ayuda de las ventanillas multipago.

Además de permitir el transporte de los servicios de video vigilancia y semaforización dentro de la red SDH, así como la creación de extensiones hacia cada una de las entidades en base a la matriz de tráfico de servicios, establecido en base a los requerimientos de cada una de las entidades municipales.

INDICE.

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iv
DECLARACIÓN	v
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN GENERAL	ix
ABSTRACT	x
PRESENTACIÓN	xi
CAPITULO I	1
Protocolo de transmisión SDH, multiplexación WDM y TDM, fibra óptica.....	1
1. Introducción a los sistemas de transmisión digital.....	1
1.1. Digitalización de la información.....	1
1.2. Sistemas de Multiplexación TDM/WDM.....	2
1.2.1. TDM (Time Division Multiplexing)	3
1.2.2. WDM (Wavelength Division Multiplexing)	4
1.2.2.1. CWDM.....	5
1.2.2.2. DWDM.....	5
1.3. Protocolo de Transmisión PDH.....	6
1.3.1. Principios de entramado y estructura de trama.	6
1.3.2. Jerarquías comerciales PDH.	7
1.4. Protocolo de transmisión SDH.....	8
1.4.1. Niveles de la trama STM-N.....	9
1.5. Procesamiento de encapsulación de datos sobre tramas STM-N.	10
1.5.1. Contenedores.....	10

1.5.1.1.	Contenedores de Orden Superior	10
1.5.1.2.	Contenedor de Orden Inferior.	11
1.5.2.	Contenedores Virtuales.	12
1.5.2.1.	Contenedores virtuales de Orden Superior.	12
1.5.2.2.	Contenedores Virtuales de Orden Inferior.....	13
1.5.3.	Unidad Tributaria (TU).	15
1.5.4.	Grupo de Unidades Tributarias.....	16
1.5.4.1.	Grupo de unidades Tributarias de Orden Inferior.....	16
1.5.4.2.	Grupo de Unidades Tributarias de Orden Superior.....	17
1.5.5.	Unidad Administrativa.....	18
1.5.5.1.	Unidad Administrativa 4	18
1.5.5.2.	Unidad Administrativa 3.	18
1.5.6.	Grupo de Unidades Administrativas.	19
1.6.	Esquema de multiplexación SDH.....	19
1.7.	Modelo de capas SDH.	21
1.7.1.	Capa de Circuito.....	21
1.7.2.	Capa de Trayecto o Camino.....	21
1.7.3.	Capa de Transmisión.....	22
1.7.3.1.	Capa de Sección (Section layer).....	22
1.7.3.2.	Capa física.	22
1.8.	Esquema de trama STM-1	23
1.8.1.	Tara de Sección (SOH)	25
1.8.1.1.	RSOH.....	25
1.8.1.2.	MSOH.	26
1.8.1.3.	Tara de Trayecto (POH).....	28
1.8.1.3.1.	HO-POH.	28
1.8.1.3.2.	LO-POH.....	29

1.9.	Interfaces Ópticas SDH.....	30
1.10.	Sistemas de Transmisión WDM.....	31
1.10.1.	Canal Óptico.....	32
1.10.2.	Subcapas del Canal Óptico	32
1.10.3.	OMS y OTS.....	33
1.10.4.	Estructura de Trama OTN	33
1.10.5.	Arquitectura OTN.	34
1.11.	Fibra Óptica.	34
1.11.1.	Medio de transmisión.	34
1.11.2.	Estructura de la fibra Óptica y Clasificación de la Fibra Óptica.	35
1.11.2.1.	Componentes de la Fibra Óptica.....	36
1.11.3.	Tipos de Cable de Fibra Óptica.....	37
1.11.3.1.	Cables Aéreos.....	37
1.11.3.2.	Cable Dieléctrico Auto soportado ADSS.	37
1.11.3.3.	Cable Aéreo o figura 8.....	38
1.11.3.4.	Cable OPGW.....	38
1.11.3.5.	Cable Subterráneo.	39
1.11.3.6.	Cable Blindado.	39
1.11.4.	Fibra Óptica en intraoffice.	39
1.11.4.1.	Patch cord.....	39
1.11.4.2.	Pigtails.....	40
1.11.4.3.	Distribuidor de Fibra Óptica (ODF).....	40
1.11.4.4.	Conectores.....	41
1.12.	Parámetros Característicos.....	42
1.12.1.	Parámetros Estáticos	42
1.12.1.1.	Reflexión Interna Total.	44
1.12.1.2.	Apertura Numérica.	44

1.12.2.	Parámetros Dinámicos.	45
1.12.2.1.	Atenuación.	45
1.12.2.2.	Pérdidas Intrínsecas.....	46
1.12.2.2.1.	Perdidas por Dispersión Intermodal.....	47
1.12.2.2.2.	Perdidas por Dispersion Intramodal.....	47
1.12.2.3.	Pérdidas Extrínsecas.....	48
1.12.2.3.1.	Pérdidas por Macro curvatura.....	48
1.12.2.3.2.	Pérdidas por Micro curvatura.	49
1.12.2.3.3.	Perdidas por tendido y envejecimiento.	49
1.12.3.	Modos de Transmisión.	49
1.12.3.1.	Multimodo.....	49
1.12.3.1.1.	Multimodo de Índice Escalonado abrupto	50
1.12.3.1.2.	Multimodo Índice Gradual (Recomendación G.651)	50
1.12.3.2.	Monomodo.	51
1.12.3.2.1.	Monomodo Estandar (SSMF)	51
1.12.3.2.2.	Monomodo de dispersión Desplazada (DSF)	52
1.12.3.2.3.	Monomodo con Dispersión Desplazada no Nula (NZ-DSF).....	52
1.12.3.2.4.	Pico de Absorción de Agua Nulo (ZWPF)	52
1.12.3.2.5.	Fibra Óptica Compensadora de Dispersión. (DCF)	53
1.12.3.2.6.	Fibra óptica mantenedora de polarización (PMF)	53
CAPITULO II		54
Estudio y análisis de la situación actual de la red de nodos.....		54
2.	Estudio y Análisis de la Situación Actual de la red óptica de transmisión del GAD-I.	54
2.1.	Introducción.	54
2.2.	Antecedentes del GAD-I e instituciones gubernamentales que trabajan conjuntamente en los procesos y servicios ciudadanos.	54

2.2.1.	Situación actual del GAD-I y sus entidades.....	54
2.2.1.1.	Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra.	55
2.2.1.2.	EMAPA-I	56
2.2.1.3.	EMELNORTE.....	58
2.2.1.4.	Unidad de Seguridad Ciudadana Justicia y Policía, Comisaría Municipal de Higiene y la Comisaría Municipal de Construcciones.	58
2.2.1.5.	Mercados Municipales (Santo Domingo y Amazonas).....	59
2.2.1.6.	Estación Municipal del cuerpo Bomberos.	59
2.2.1.7.	ECU-911.	60
2.2.2.	Impacto del crecimiento poblacional sobre los servicios.	61
2.3.	Conectividad del GAD-I con las filiales Municipales y Gubernamentales.	64
2.3.1.	Topología de red de Fibra Óptica existente entre las filiales del GAD-I.	64
2.3.1.1.	Planta Externa del GAD-I.....	68
2.1.1.1.	Red de Comunicación implementada en el GAD-I.....	73
2.2.	Servicios entregados en el GAD-I y las entidades municipales.	76
2.2.1.	Centrales Telefónicas.....	77
2.2.1.1.	Central GAD-I.....	78
2.2.1.2.	Central de EMAPA-I.....	80
2.2.1.3.	Central de Seguridad Ciudadana Justicia y Policía, Comisaría Municipal de Higiene y la Comisaría Municipal de Construcciones.	81
2.2.1.4.	Central telefónica de Mercado Amazonas y Santo Domingo.	82
2.2.1.5.	Central telefónica de EMELNORTE, Ecu-911.....	82
2.2.1.6.	Central de Empresa Municipal del Cuerpo de Bomberos x7.....	82
2.2.2.	Análisis de servicios de Datos específicos de cada Institución.	83
2.2.2.1.	Servicios ofrecidos por el GAD-I.	83

3.3.1. Link Budget de la red SDH.....	131
3.4. Sincronismo de red SDH.....	133
3.5. Equipamiento SDH-WDM.	135
3.5.1. Corporación HUAWEI.....	135
3.5.1.1. Equipo Huawei ONS550.	135
3.5.2. Corporación ZTE.	137
3.5.2.1. Equipo ZTE ZXMP S325.....	137
3.5.3. Corporación Ericsson.	139
3.5.3.1. Equipos OMS1664.	139
3.6. Huawei OSN 550.	142
3.6.1. Equipamiento SDH Huawei requerido	151
CAPITULO IV	154
Análisis Costo Beneficio.	154
4.1. COSTOS DE INVERSIÓN	154
4.1.1. Costos de equipos.....	154
4.1.2. Costos de Infraestructura	155
4.1.3. Costos de Ingeniería.....	155
4.1.4. Varios	156
4.2. INGRESOS	157
4.2.1. Consideraciones para cálculo de ingresos.	159
4.2.2. Cálculo de Ingresos	160
4.3. PARÁMETROS FINANCIEROS	160
4.3.1. VAN: Valor actual neto.	161
4.3.3. PRI: Periodo de retorno de inversión.....	162
4.3.4. Calculo de parámetros Financieros	162
CAPITULO V	165
Conclusiones y Recomendaciones.	165

5.1. Conclusiones.	165
5.2. Recomendaciones.	166
Bibliografía.	168

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Multiplexación / Demultiplexación	3
Figura 2. Multiplexación por División de Tiempo	3
Figura 3. Bits de Sincronización de Trama.....	4
Figura 4. Multiplexación por Longitud de Onda	4
Figura 5. CWDM.....	5
Figura 6. Longitudes de Onda DWDM	5
Figura 7. Trama PCM.....	7
Figura 8. Jerarquía PDH, Estándar Europeo.....	7
Figura 9. Transmisión y Recepción SDH	8
Figura 10. Transmisión de tramas.....	9
Figura 11. Estructura de Contenedor de Orden Superior	10
Figura 12. Estructura de Contenedor de Orden Inferior.	11
Figura 13. Estructura VC-3.....	13
Figura 14. Estructura VC-4.....	13
Figura 15. Esquema de un VC-n.....	14
Figura 16. Estructura de TU.	15
Figura 17. Estructura de TU-3.....	15
Figura 18. Multiplexación de 3 x TU-12 en un TUG-2.	17
Figura 19. Intercalado byte a byte en un TUG-2.	17
Figura 20. Multiplexación de un TU-3 a un TUG-3.....	17
Figura 21. Estructura de AU-4.....	18
Figura 22. Estructura AU-3.....	18
Figura 23. Estructura de un AUG-n.	19
Figura 24. Proceso de Multiplexación en SDH.....	20
Figura 25. (a) Arquitectura de capas SDH. (b) Secciones de un enlace SDH.....	23
Figura 26. Esquema de trama STM-1	24

Figura 27. (a) y (b). Esquema de trama de primer Nivel STM-1	25
Figura 28. Encabezado de Sección de Regeneración	25
Figura 29. Encabezado de Sección de Multiplexación	26
Figura 30. HO-POH	28
Figura 31. LO-POH	29
Figura 32. Proceso de encapsulación de la Señal Cliente.	31
Figura 33. Trama OTN.	33
Figura 34. Arquitectura OTN.	34
Figura 35. Estructura de la fibra óptica.....	35
Figura 36. Método de Transmisión LED y LASER	36
Figura 37. Transmisión de la Fibra óptica	37
Figura 38. Cable ADSS	38
Figura 39. Cable aéreo.....	38
Figura 40. Cable OPGW.....	38
Figura 41. Cable Blindado o Canalizado	39
Figura 42. Cordón Óptico	39
Figura 43. Orientación de los patch cord.....	40
Figura 44. Pigtails.....	40
Figura 45. ODF.....	40
Figura 46. Partes de un conector	41
Figura 47. Reflexión y Refracción.	43
Figura 48. Reflexión Interna Total	44
Figura 49. Apertura Numérica	45
Figura 50. Ventanas de Transmisión.....	46
Figura 51. Atenuación y Longitud de Onda	46
Figura 52. Dispersión Modal.....	47
Figura 53. Dispersión Cromática	48
Figura 54. Macro Curvatura.....	48
Figura 55. Perdidas por Micro Curvatura	49
Figura 56. Diámetro del núcleo y Revestimiento	50
Figura 57. Índice Escalonado	50
Figura 58. Índice Gradual.....	51
Figura 59. Rayo que se propaga en Fibra Óptica Monomodo.....	51

Figura 60. Descripción jerárquica del GAD-I.....	55
Figura 61. Procesos administrativos EMAPA-I.....	57
Figura 62. Procesos Administrativos.....	58
Figura 63. Organigrama Administrativo.....	60
Figura 64. Cantón Ibarra.....	61
Figura 65. Distribución y ubicación de las entidades.....	66
Figura 66. Pozos de revisión en el nodo de la Unidad de justicia.....	69
Figura 67. Accesorios de identificación y protección del cable de fibra óptica. Fuente: Calle Bolívar y Colon.....	70
Figura 68. Cambio de subterráneo a aéreo.....	70
Figura 69. Tendido de las diferentes redes en los postes.....	71
Figura 70. Subida a poste de Fibra óptica.....	71
Figura 71. Herraje de paso o suspensión.....	72
Figura 72. Reservas de cable de Fibra óptica.....	72
Figura 73. Tendido aéreo de la Unidad de Justicia. Mercado Amazonas, Empresa Municipal del Cuerpo de Bomberos hacia el Ecu 911. Calle Darío Egas y Obispo Pasquel Monje.....	73
Figura 74. Situación Actual del enlace de FO del GAD-I.....	74
Figura 75. Router Cisco 2811 y Características principales.....	75
Figura 76. Switch Catalyst C2960-24TC-L.....	76
Figura 77. Central analógica NITSUKO modelo TX Series NXE-2464.....	78
Figura 78. Logo Elastix.....	79
Figura 79. Central telefónica Elastix.....	80
Figura 80. Central de la Unidad de Justicia.....	81
Figura 81. Central Telefónica Ip Office 400.....	82
Figura 82. Registro mensual de ventanillas de recaudación.....	84
Figura 83. Registro mensual de ventanillas de recaudación.....	85
Figura 84. Registro mensual de ventanillas de recaudación.....	86
Figura 85. Cámara Domo Axis.....	87
Figura 86. Monitoreo del tráfico en el GAD-I.....	89
Figura 87. Tráfico generado en la ciudad de Ibarra.....	89
Figura 88. Cámara TrafiCam.....	90
Figura 89. Arquitectura Cliente-Servidor.....	93

Figura 90. Diagrama de la Red IP propuesta.	109
Figura 91. Diagrama de Conectividad de Voz IP entre el GAD-I y las entidades municipales.	115
Figura 92. Topología de red en anillo SDH propuesta.	119
Figura 93. Diagrama propuesto para la integración de ventanillas multipago. ...	121
Figura 94. Topología en anillo con tecnología SDH propuesta, para la integración del servicio de datos.....	123
Figura 95. Situación Actual del enlace de FO del GAD-I.....	125
Figura 96. Matriz de cross conexiones de los servicios de video.	129
Figura 97. Arquitectura de red SDH STM-4, propuesta.....	131
Figura 98. (a) (b) Diagrama de Sincronización.....	134
Figura 99. Esquema de equipamiento Huawei Optix.	136
Figura 100. Chasis OSN550.....	136
Figura 101. Multiplexor ZXMP 325.	137
Figura 102. Tarjeta óptica OCS4.....	139
Figura 103. Multiplexor OMS 1664.....	140
Figura 104. Chasis OSN550.....	142
Figura 105. Distribución de slots OSN550.	143
Figura 106. Panel frontal CXL	144
Figura 107. Distribución PIU.....	147
Figura 108. Distribución de APIU.	147
Figura 109. Distribución de FAN.	148
Figura 110. Distribución EFS8.....	148
Figura 111. Distribución de EGT1	149
Figura 112. Distribución de DMD2.	151
Figura 113. Cálculo de Flujo Neto por año.....	163
Figura 114. Cálculo de Parámetros Financieros	163

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Norma Europea y Americana.	7
Tabla 2. Niveles de Jerarquía SDH.....	9
Tabla 3. Contenedor de Orden Superior	10
Tabla 4. Contenedor de Orden Inferior	11
Tabla 5. Función de los bytes de RSOH	26
Tabla 6. Función de los bytes de MSOH.....	27
Tabla 7. Función de los Bytes HO-POH.....	28
Tabla 8. Función de los Bytes LO-POH	29
Tabla 9. Interfaces Ópticos SDH	30
Tabla 10. Velocidades de OTUk.....	33
Tabla 11. Longitud de Onda de las fuentes ópticas	36
Tabla 12. Tipos de Conectores.	41
Tabla 13. Crecimiento poblacional 2001-2010.	62
Tabla 14. Distribución por edades 2001-2010.....	63
Tabla 15, Distribución y Tipos de servicios básicos 2001.	63
Tabla 16. Distribución y Tipos de servicios básicos 2010.	63
Tabla 17. Calles con la ubicación de las entidades.....	64
Tabla 18. Distancia entre nodos.....	67
Tabla 19. Disponibilidad del enlace de Fibra Óptica.	68
Tabla 20. Características del Switch Cisco 2960.	76
Tabla 21. Servicios generados del GAD-I	83
Tabla 22. Reporte Mensual de ventanillas de EMAPA.....	84
Tabla 23. Reporte mensual de ventanillas de cobro de EMELNORTE año 2014.	85
Tabla 24. Clasificación de los delitos.	87
Tabla 25. Especificaciones técnicas de la cámara Axis IP.....	88
Tabla 26. Especificaciones técnicas de la cámara TrafiCam x-stream.	91
Tabla 27. Requerimientos de voz de EMAPA-I.	110
Tabla 28. Requerimientos de voz de Seguridad Ciudadana.	110
Tabla 29. Requerimientos de voz de Mercados.	111
Tabla 30. Requerimientos de voz Empresa Municipal del Cuerpo de Bomberos.	111
Tabla 31. Requerimientos de voz Ecu 911.....	112

Tabla 32. Requerimientos de voz Emelnorte.....	112
Tabla 33. Requerimientos de voz del GAD-I.....	113
Tabla 34. Matriz de Tráfico de servicios voz.	113
Tabla 35. Resumen de cada requerimiento de voz.	114
Tabla 36. Rango de extensiones en la central IP.....	116
Tabla 37. Distribución de tráfico de voz en base a los servicios.	117
Tabla 38. Tabla de cross conexiones SDH, para los servicios de voz	120
Tabla 39. Capacidad del canal para la transmisión de un registro a través de la red de nodos SDH.....	121
Tabla 40. Resumen de matriz de tráfico de datos por instituciones.	122
Tabla 41. Distribución de tráfico en las ventanillas multipago.	122
Tabla 42. Diagrama de cross conexión y protección para los servicios de datos.	124
Tabla 43. Resumen de Matriz de tráfico de Video.....	125
Tabla 44. Matriz de video.	126
Tabla 45. Matriz de cross conexión de video.	127
Tabla 46. Diagrama de cross conexión y protección para los servicios de video.	130
Tabla 47. Link Budget.	132
Tabla 48. Tabla Comparativa de Equipos.	141
Tabla 49. Version del CXL.....	143
Tabla 50. Especificaciones del STM-1.	144
Tabla 51. Especificaciones del STM-4.	144
Tabla 52. Especificaciones del STM-16.	145
Tabla 53. Especificaciones del SDH – CWDM.....	145
Tabla 54. Especificaciones de SDH – DWDM.....	146
Tabla 55. Especificaciones del EFS8.	149
Tabla 56. Especificaciones eléctricas de EGT1.	149
Tabla 57. Especificaciones ópticas del EGT1.	149
Tabla 58. Especificaciones de DMD2 CWDM.	151
Tabla 59. Resumen de equipamiento OSN 550 por cada institución.	152
Tabla 60. Costo de equipos.....	154
Tabla 61. Costos Infraestructura EMAPA, EMELNORTE y GADI.....	155

Tabla 62. Cálculo de costos de instalación de equipos.....	155
Tabla 63. Costos por concepto de pago de remuneración a recaudadores.	156
Tabla 64. Costo anual publicidad de servicios	157
Tabla 65. Facturas EMELNORTE cobradas en el año 2014.....	158
Tabla 66. Facturas EMAPA cobradas en el año 2014.....	158
Tabla 67. Total de personas que pagan impuestos en el año	159
Tabla 68. Cálculo de ingreso anual	160
Tabla 69. Inversión Inicial, Ingresos y Egresos anuales.....	162

CAPITULO I

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

1. Introducción a los sistemas de transmisión digital.

1.1. Digitalización de la información.

El desarrollo tecnológico a través de los años ha permitido la optimización de recursos y la evolución del rendimiento en los sistemas de comunicación, es por ello que durante muchos años se han desarrollado numerosas técnicas para el procesamiento de datos, producto de ello se tiene la migración de los sistemas analógicos a digitales, llevando con ello numerosas aplicaciones que hoy en día permiten la convergencia de muchos servicios que facilitan las actividades del día a día en la humanidad.

Uno de los teoremas fundamentales para la digitalización de señales analógicas es el teorema de muestreo de Nyquist-Shannon, quien indica que para poder reconstruir una señal periódica continua en banda base es matemáticamente posible si la señal se encuentra limitada en su ancho de banda, y la frecuencia de muestreo f_m ¹ es el doble de su ancho de banda o frecuencia máxima $f_{m\acute{a}x}$ ², (Stallings, 2008). Ecuación 1.

$$f_m > 2 \cdot f_{m\acute{a}x} \quad \text{Ecuación 1}$$

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

Este concepto permitió la transformación de las señales analógicas en una sucesión de muestras discretas denominado cuantificación, que son traducidas al sistema binario a través de la codificación.

¹ f_m : frecuencia de muestreo.

² $f_{m\acute{a}x}$: frecuencia máxima.

(Según Stallings, 2004) La representación más común de este teorema es representada en las señales de voz, estas presentan un rango auditivo aproximado de 4kHz de ancho de banda, por tal razón su frecuencia máxima de muestreo sería el doble de su ancho de banda, es decir $f_m = 8 \text{ kHz}$, dando un periodo de muestreo de $125 \mu\text{s}$, Ecuación 2.

$$T = \frac{1}{8000} = 0,000125 \text{ seg} = 125\mu\text{s}$$

Ecuación 2

Fuente: Mancini, C (s.f). *Conceptos sobre Multiplexación SDH*.

Si se tienen 8000 muestras/seg y son agrupadas en grupos de 8 bits por muestra entonces se obtiene la velocidad del canal, Ecuación 3:

$$V_c = \frac{8000 \text{ muestras}}{\text{seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{\text{muestra}} = 64000\text{bps} = 64 \text{ Kbps} \quad \text{Ecuación 3}$$

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

De esta forma se puede deducir que la velocidad mínima para transmitir una señal de voz digitalizada es de 64 Kbps.

Este proceso matemático genera el inicio de numerosas técnicas de transmisión y Multiplexación de señales como las definidas posteriormente.

1.2. Sistemas de Multiplexación TDM/WDM.

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 y optimización 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 transportarlos en conjunto sobre un medio determinado y posteriormente desagruparlos en un proceso llamado Demultiplexación, para luego poder hacer uso de ellos de forma independiente. Figura.1.

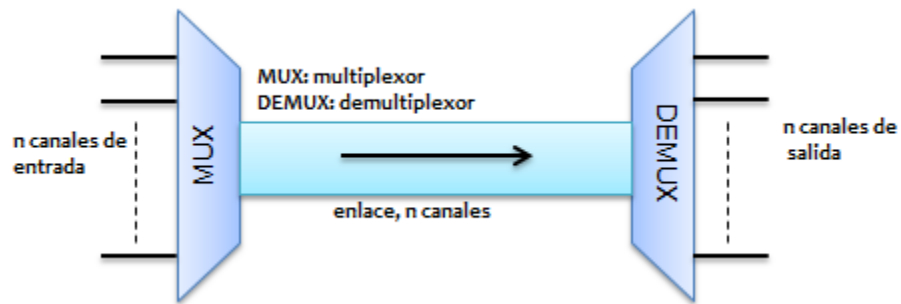


Figura 1. Multiplexación / Demultiplexación

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

1.2.1. TDM³ (Time Division Multiplexing)

En este tipo de multiplexación, se combinan múltiples canales de información, divididos en determinadas unidades⁴ de tiempo, enviados en un solo medio de transmisión, (Herrera, P, s.f), Figura.2.

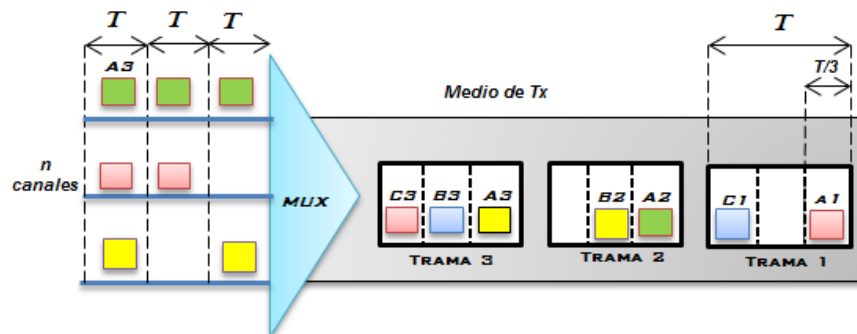


Figura 2. Multiplexación por División de Tiempo

Fuente: Coímbra, E (2011). *Comunicaciones Digitales. Multiplexación TDM*. Recuperado de: <http://www.coimbraweb.com>

Como se observa en la Figura.2, cada una de las muestras son enviadas a través de un solo canal de transmisión, formando las conocidas tramas de datos, en donde si una fuente no transmite, se desperdicia el canal. Con el fin de que el equipo receptor no reciba tramas con datos erróneos, es necesario añadir bits de sincronización en el inicio de cada trama., Figura.3.

³ **TDM:** Multiplexación por División en el Tiempo.

⁴ **Unidad:** pueden ser bits, bytes, bloques de información de voz y datos.

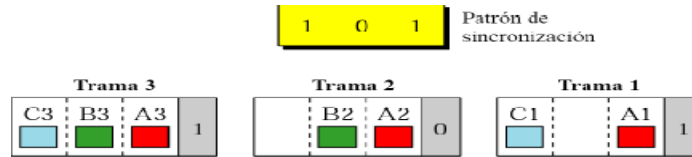


Figura 3. Bits de Sincronización de Trama

Fuente: Coímbra, E (2011). *Comunicaciones Digitales. Multiplexación TDM*. Recuperado de: <http://www.coimbraweb.com>

1.2.2. WDM⁵ (Wavelength Division Multiplexing)

WDM permite transmitir información a través de un haz de luz, donde se envían datos en una longitud de onda (λ), Ecuación.4, 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).

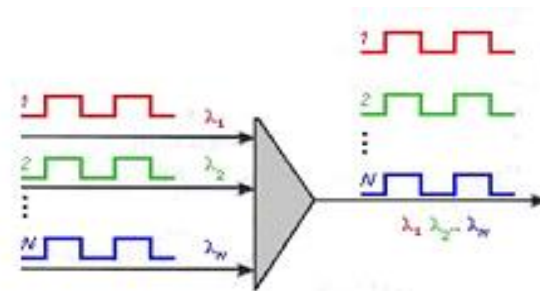


Figura 4. Multiplexación por Longitud de Onda

Fuente: *Tutorial de Comunicaciones Ópticas* (s.f). Recuperado 26 de agosto de 2012 de: http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema4/tema4_4.htm

$$\lambda = c/f \quad \text{Ecuación 4.}$$

Fuente: Stallings, W. (2008). (7ª. ed.) *Tecnologías y Redes de Transmisión de Datos*. México: Pearson

Dónde:

λ = Longitud de onda.

c = velocidad de la luz en el vacío

f = frecuencia

Los sistemas WDM se clasifican de acuerdo a la separación que exista entre sus longitudes de onda.

⁵ **WDM:** Multiplexación por Longitud de Onda.

1.2.2.1. CWDM⁶

Permite la expansión del ancho de banda mediante la agregación de longitudes de onda adicionales en el cable de fibra óptica, presenta 18λ separadas 20nm cada una, Figura.5. CWDM se utiliza en zonas específicas donde no es necesario reconstruir la señal óptica, lo que permite que la transmisión pueda realizarse en la primera, segunda y tercera ventana. (Según ITU G.694.2)

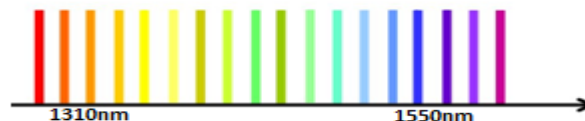


Figura 5. CWDM

Fuente: *Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales* (2002). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.694.2-200312-I/es>

1.2.2.2. DWDM⁷

A diferencia de CWDM, posee hasta 160λ separadas alrededor 0.8nm cada una, Figura. 6., denominadas densas. Se lo utiliza para aplicaciones de largo alcance en el que se necesitan equipos que reconstruyan la señal, solo utilizable en la tercera ventana en el orden de los 1550nm. (Según ITU G.694.2)

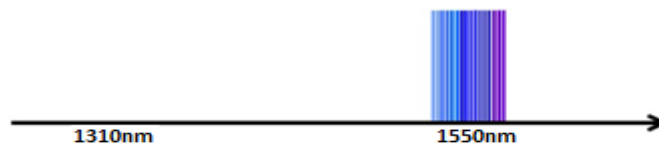


Figura 6. Longitudes de Onda DWDM

Fuente: *Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales* (2012). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.694.1>

⁶ **CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)**: Multiplexación por división aproximada de longitud de onda

⁷ **DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)**: Multiplexación por Longitud de Onda Densa

1.3. Protocolo de Transmisión PDH⁸.

El protocolo PDH, utiliza el sistema de Multiplexación TDM, el flujo de datos transmitidos no presenta ninguna sincronía.

1.3.1. Principios de entramado y estructura de trama.

(Según la ITU-T) La jerarquía PDH utiliza la velocidad básica de una señal de 64 Kbps, para establecer tres normas generales de multiplexación:

- Norma Americana (1544 Kbps denominada T1)
- Norma Japonesa (1544 Kbps denominada J1)
- Norma Europea (2048 Kbps denominada E1)

Ecuador por su parte, utiliza el estándar PDH Europeo, 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, necesarios para informar el inicio y final de cada trama enviada, donde se obtiene la trama PCM o E1, Ecuación.5:

$$\begin{aligned} 30 \text{ señales} + 2 \text{ de control} &= \\ 32 \times 64 \text{ Kbps} &= 2048 \text{ Kbps} = 2.048 \text{ Kbps} \end{aligned} \quad \text{Ecuación 5}$$

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

Dónde:

- 64 Kbps = Velocidad mínima de un canal
- 32 canales = valor de la trama PCM

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, la trama PCM, Figura.7, se forma a partir de 32 columnas o intervalos de tiempo de 64 Kbps cada uno, con una duración de 125 us por trama, (Herrera, s.f).

⁸ PDH: Jerarquía Digital Plesiócrona

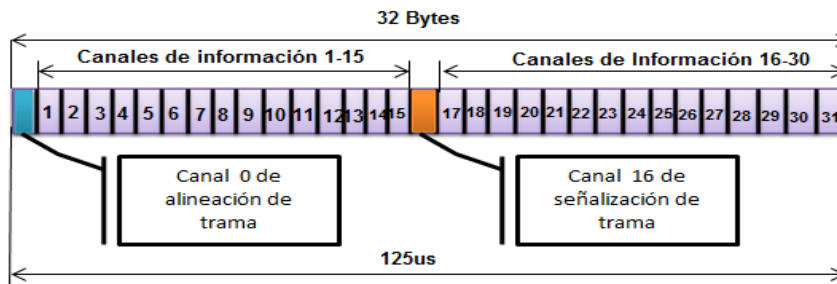


Figura 7. Trama PCM

Fuente: Zevallos, O. (s.f). Redes de Alta Velocidad. Multiplexación Digital. Recuperado de: http://unexpocom.files.wordpress.com/2010/05/sdh_exposicion.pdf

1.3.2. Jerarquías comerciales PDH.

(Según Behrouz A, 2007) Conforme se utiliza la señal E1, se hizo necesario aumentar su capacidad a partir de la integración de varias señales de menor velocidad, denominados tributarios⁹, Figura. 8, multiplexados sucesivamente por 4, para obtener las jerarquías Plesiócronas de orden superior, con velocidades de 8,448 Kbps, 34,368 Kbps y 139,264 Kbps.

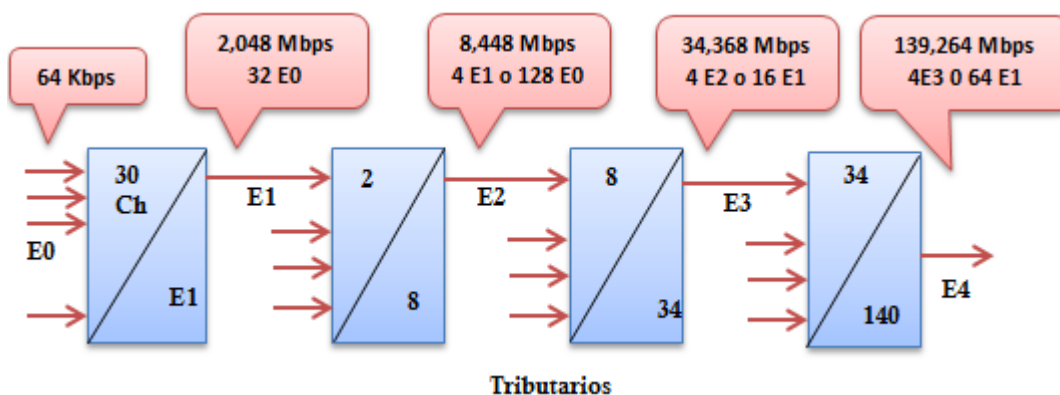


Figura 8. Jerarquía PDH, Estándar Europeo

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

La Tabla.1, nos muestra la clasificación en base a la norma Europea y Americana:

Tabla 1. Norma Europea y Americana.

Nivel	Europeo			Americano		
	Nº Canales	Kbps	Denominación	Nº Canales	Kbps	Denominación
1	30	2048	E1	24	1544	T1

⁹ **Tributarios:** Consiste en la recuperación de señales de orden inferior.

2	120	8448	E2	96	6312	T2
3	480	34368	E3	672	44736	T3
4	1920	139264	E4	4032	274176	T4

Fuente: *Sistemas y medios de transmisión, digitales* (s.f). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.702>.

Uno de los grandes inconvenientes que presenta la jerarquía PDH es el sistema de control de tramas y su incompatibilidad con las demás estándares para tasas de transferencia de alta velocidad, lo cual limita su ocupación en zonas específicas.

1.4. Protocolo de transmisión SDH.

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.9, 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.

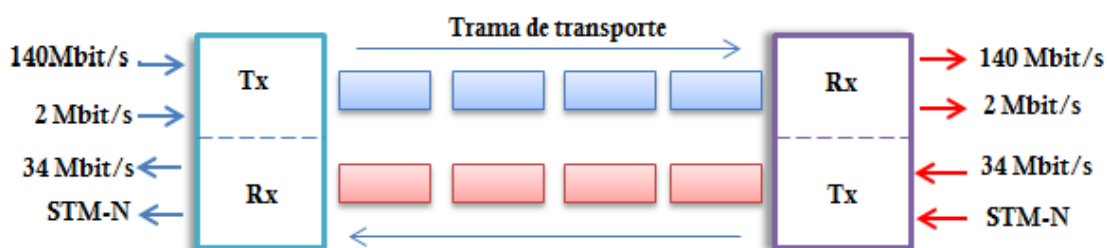


Figura 9. Transmisión y Recepción SDH

Fuente: Marconi, (2004) *Introducción a la jerarquía Digital Sincrónica, Fundamentos Básicos*. (ed. e) AN00091831.

Cada uno de los contenedores transportados, Figura. 10, necesitan una etiqueta o cabecera de control que se encarga de supervisar, controlar y evitar que la información se pierda en el transcurso de la transmisión, así como verificar el tipo de contenedor presente en la trama de transporte.

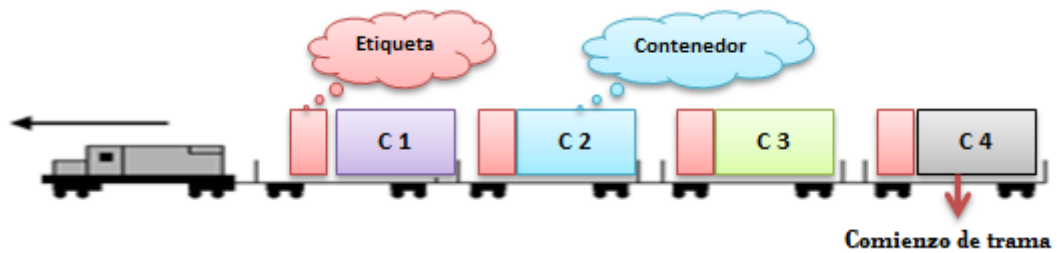


Figura 10. Transmisión de tramas

Fuente: Marconi, (2004) *Introducción a la jerarquía Digital Síncrona, Fundamentos Básicos*. (ed. e) AN00091831.

1.4.1. Niveles de la trama STM-N.

(Según ITU-T, G.707) La trama básica STM-1 se forma a partir de una matriz compuesta por 9 filas y N columnas, estas últimas varían de acuerdo a los niveles de jerarquía superiores que se requieran, Tabla.2.

Tabla 2. Niveles de Jerarquía SDH

Niveles de Jerarquía	SDH Número de columnas	Número de filas	Capacidad de transporte (Mbps)
1	270	STM-1	155.52
4	1080 (4 x 270)	STM-4	622.08
16	4320 (16 x 270)	STM-16	2448.32
64	17280 (64 x 270)	STM-64	9793,28

Fuente: Sistemas y medios de transmisión. (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.1322>

La capacidad de transporte del nivel básico STM-1, se determinada a partir de la siguiente Ecuación 6:

$$STM - 1 = 8 \times (9 \times 270) \times 8000 = 155,520 \text{ Mbps} \quad \text{Ecuación 6}$$

a
b
c

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH*.

Dónde:

- a) Número de bits con los que se compone cada byte
- b) Número de bytes comprendidos para cada trama
- c) Frecuencia de la trama

- d) Para valores STM-N, el valor de N establece los valores de orden superior definidos en el estándar G.707¹⁰.

1.5. Procesamiento de encapsulación de datos sobre tramas STM-N.

1.5.1. Contenedores.

Un Contenedor es una estructura de bloques que tiene la capacidad de encapsular diferentes tipos de señales, de acuerdo a los niveles de jerarquía existentes. Se clasifican en:

1.5.1.1. Contenedores de Orden Superior

En este tipo de contenedores se representa con la letra C-n, donde (n= nivel de jerarquía) al que pertenece, Tabla.3.

Tabla 3. Contenedor de Orden Superior

CONTENEDOR	Estándar europeo (Mbits/s)
Orden Superior	
C-3	34
C-4	140

Fuente: Marconi, (2004) Introducción a la jerarquía Digital Sincrónica, Fundamentos Básicos. (ed. e) AN00091831

Los contenedores presentan una estructura de bloques, de 9 filas y N columnas, que varían de acuerdo al tipo de señales PDH, definidas en el siguiente proceso, como en la Figura.11:

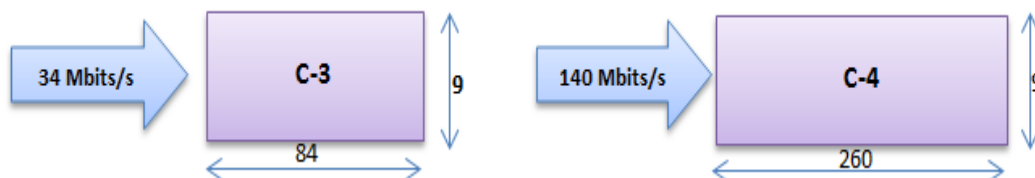


Figura 11. Estructura de Contenedor de Orden Superior

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.1322>

¹⁰ ITU-T G.707: Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona

- C-3, Ecuación.7, se calcula de la siguiente manera:

$$C_{c-3} = \underset{a}{8} \times \underset{b}{(9 \times 84)} \times \underset{c}{8} \times 10^3 = 149.760 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 7}$$

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH.*

- Capacidad de transporte C-4, Ecuación.8, es:

$$C_{c-4} = \underset{a}{8} \times \underset{b}{(9 \times 260)} \times \underset{c}{8} \times 10^3 = 149.760 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

- a) Numero de bit que se compone cada byte, b) Bytes con los que se compone C-n, c) Frecuencia de la trama STM-1

1.5.1.2. Contenedor de Orden Inferior.

A diferencia del anterior, si se utilizan dos velocidades que ocupen el mismo nivel de jerarquía, se añade un segundo número con la velocidad de bit a la que se hace referencia, C-nX, donde (n=nivel de jerarquía; X=velocidad (Mbits/s)), Tabla.4.

Tabla 4. Contenedor de Orden Inferior

CONTENEDOR	Estándar Europeo (Mbits/s)	Estándar Americano (Mbits/s)
Orden Inferior		1.5
C-1 1		
C-1 2	2	
C-2		6

Marconi, (2004) Introducción a la jerarquía Digital Sincrónica, Fundamentos Básicos. (ed. e) AN00091831

Este tipo de contenedores, Figura. 12, presentan la siguiente estructura:

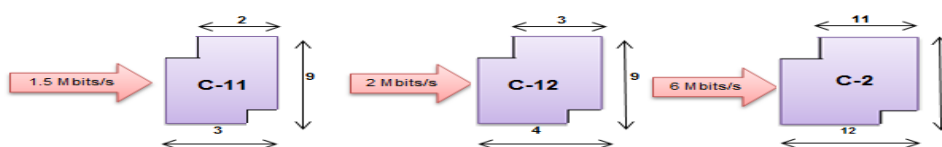


Figura 12. Estructura de Contenedor de Orden Inferior.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión Digitales. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.708>

Las diferentes capacidades de los contenedores son:

- *Capacidad de transporte C-11, Ecuación.9, es :*

$$C_{c-11} = 8 \times \underset{\text{a}}{25} \times \underset{\text{b}}{8} \times \underset{\text{c}}{10^3} = 1.600 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 9}$$

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH.*

- *Capacidad de transporte C-12, Ecuación.10, es:*

$$C_{c-12} = 8 \times \underset{\text{a}}{34} \times \underset{\text{b}}{8} \times \underset{\text{c}}{10^3} = 2.176 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 10}$$

- *Capacidad de transporte C-2, Ecuación.11, es:*

$$C_{c-2} = 8 \times \underset{\text{a}}{106} \times \underset{\text{b}}{8} \times \underset{\text{c}}{10^3} = 6.784 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 11}$$

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH.*

Dónde:

- a) Numero de bits que se compone cada byte
- b) Bytes con los que se compone C-n
- c) Frecuencia de la trama STM-1

1.5.2. Contenedores Virtuales.

Los contenedores virtuales (VC-n), consisten en la unión de un POH+C-n. Esta cabecera se genera siempre en el origen del LTMUX y toda su información solo es extraída en LTMUX destino gracias al POH.

1.5.2.1. Contenedores virtuales de Orden Superior.

Este tipo de contenedores se transmiten directamente a la trama STM-1 cada 125 μ s. Presentan la siguiente estructura:

- Formación VC-3, Figura.13, es:



Figura 13. Estructura VC-3.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión Digitales. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.708>

- Formación VC-4, Figura.14, es:

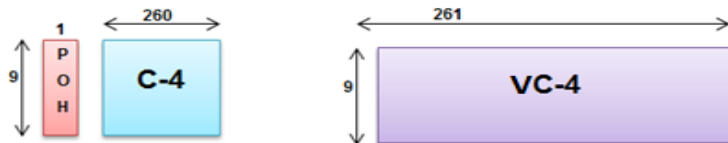


Figura 14. Estructura VC-4.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión Digitales. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.708>

Una vez definida su estructura se calcula su capacidad de transporte:

- Capacidad de Transporte VC-3, Ecuación. 12, es:

$$C_{vc-3} = 8 \times (26) \times 8 \times 10^3 = 48.960 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 12}$$

a b c

- Capacidad de Transporte VC-4, Ecuación. 13, es:

$$C_{vc-4} = 8 \times (261 \times 9) \times 8 \times 10^3 = 150.336 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 13}$$

a b c

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH.*

Dónde:

- a) Numero de bits que se compone cada byte
- b) Bytes con los que se compone VC-n
- c) Frecuencia de la trama STM-1

1.5.2.2. Contenedores Virtuales de Orden Inferior.

Los VC-n inferiores se dividen en cuatro tramas denominadas multitrama con un periodo de 500µs. En este caso el POH se compone de cuatro bytes distribuidos en el VC-n, (V5, J2, N2, K4) que se distribuyen cada 125µs. Se utiliza la multitrama para obtener velocidades exactas que se requieren en la transmisión.

De acuerdo a esta definición el VC-n de orden Inferior presenta la siguiente estructura, Figura.15, los VC-n restantes presentan un esquema similar.

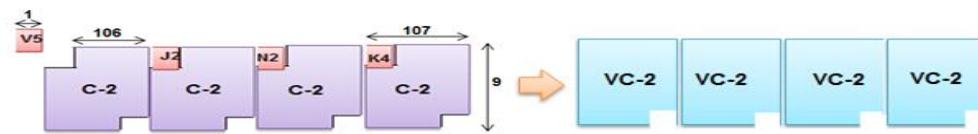


Figura 15. Esquema de un VC-n.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707>

Cabe señalar que si bien la frecuencia de trama de un C-12 es 8000 tramas /s, en el caso de una multitrama será de 2000tramas/s. (Según ITU-T.G707, 2007). Se establecerá las capacidades de transporte en base a las siguientes ecuaciones:

- Capacidad de Transporte VC-11, Ecuación. 14, es:

$$C_{VC-11} = (8 \times (27-1) \times 2 \times 10^3) \times 4 = 1.664 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 14}$$

a b c d

- Capacidad de Transporte VC-12, Ecuación. 15, es:

$$C_{VC-12} = (8 \times (36-1) \times 2 \times 10^3) \times 4 = 2.240 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 15}$$

a b c d

- Capacidad de

$$C_{VC-2} = (8 \times (108-1) \times 2 \times 10^3) \times 4 = 6.848 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 16}$$

a b c d

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH*

Dónde:

- a) Numero de bits que se compone cada byte
- b) Bytes con los que se compone VC-n
- c) Frecuencia de la multitrama
- d) Multitrama

1.5.3. Unidad Tributaria (TU).

Se forma a partir de la unión de un VC-n de Orden Inferior y un puntero (PTR), llevando el nombre de puntero de Unidad Tributaria (PTR-TU), de acuerdo con el esquema de multiplexación la TU se encargada de adaptar un VC-n de Orden Inferior a uno de Orden Superior, Figura.16. En el Anexo A.1, se analizara más a detalle su estructura. Presenta la siguiente estructura:

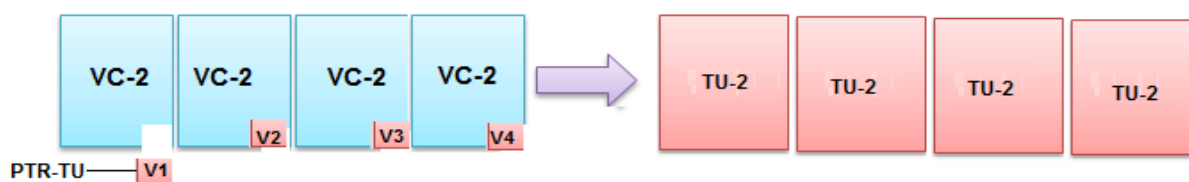


Figura 16. Estructura de TU.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.1322>

Dónde:

- V1, V2: Indica el comienzo de la multitrama
- V3: byte disponible para relleno de la multitrama
- V4: reservado para usos futuros

Este caso es similar para los demás TU-n de Orden Inferior. Para el caso del a VC-3 se añade los bytes de puntero (H1, H2, H3), Figura.17.

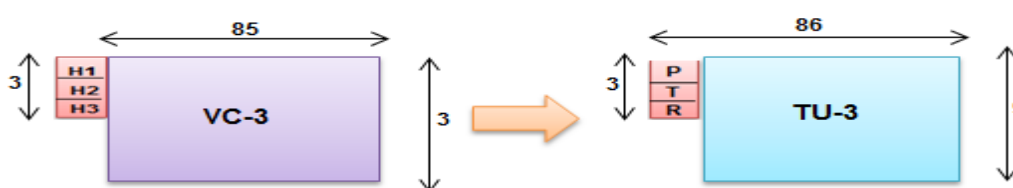


Figura 17. Estructura de TU-3.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión Digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.1322>

Su capacidad de transporte se calcula de la siguiente manera:

- *Capacidad de Transporte TU-12, Ecuación. 17, es:*

$$C_{TU-12} = (8 \times (36) \times 2 \times 10^3) \times 4 = 2.304 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 17}$$

a b c d

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH*

- *Capacidad de Transporte TU-2, Ecuación. 18, es:*

$$C_{TU-2} = (8 \times (108) \times 2 \times 10^3) \times 4 = 6.912 \text{Mbits/s} \quad \text{Ecuación 18}$$

a b c d

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH*

- *Capacidad de Transporte TU-3, Ecuación. 19, es:*

$$C_{TU-3} = 8 \times 768 \times 8 \times 10^3 = 49.152 \text{Mbits/s} \quad \text{Ecuación 19}$$

a b c

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH*

Dónde:

- a) Numero de bits que se compone cada byte
- b) Bytes con los que se compone TU-n
- c) Frecuencia de la multitrama, Frecuencia de trama
- d) Multitrama.

1.5.4. Grupo de Unidades Tributarias.

Se forma a partir de la unión de múltiples TU-n. Existen dos casos puntuales de Grupo de Unidades Tributarias (TUG-n), que son:

1.5.4.1. Grupo de unidades Tributarias de Orden Inferior

El TUG-2, se forma a partir de la combinación de:

- 1) 4 x TU-11
- 2) 3 x TU-12
- 3) 1 x TU-2

Para entender de mejor manera se realiza la estructura basica del segundo caso, Figura. 18:

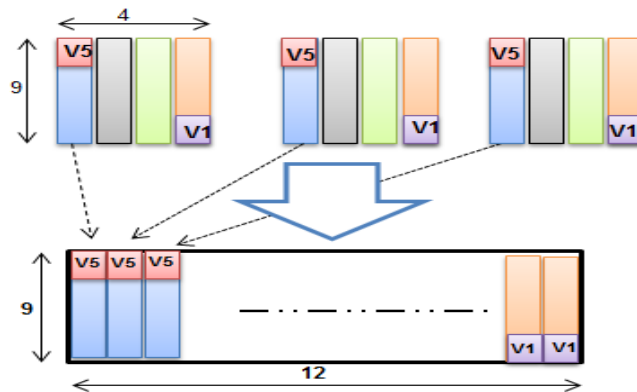


Figura 18. Multiplexación de 3 x TU-12 en un TUG-2.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.1322>

El TUG-2 se forma a partir de la unión de multiples tramas (multitrama), de acuerdo con el caso 2, los tres TU-2 ingresan al contador con el proceso de intercalación byte a byte, Figura.19.

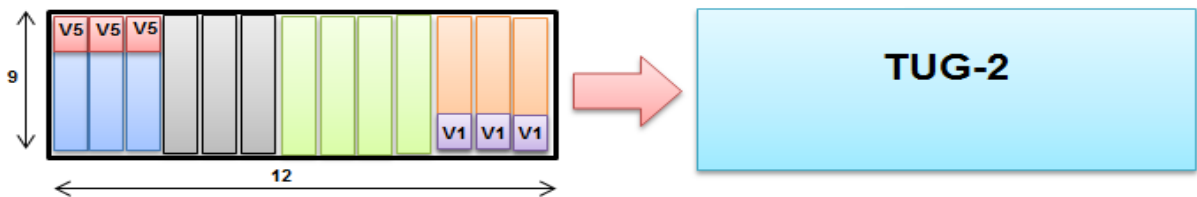


Figura 19. Intercalado byte a byte en un TUG-2.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.1322>

1.5.4.2. Grupo de Unidades Tributarias de Orden Superior.

Se forma un único grupo denominado TUG-3, cuyo proceso es similar al paso anterior, con la unica diferencia que se añaden bytes de relleno para completar el TUG-3. Se forma a partir del siguiente proceso, Figura.20:

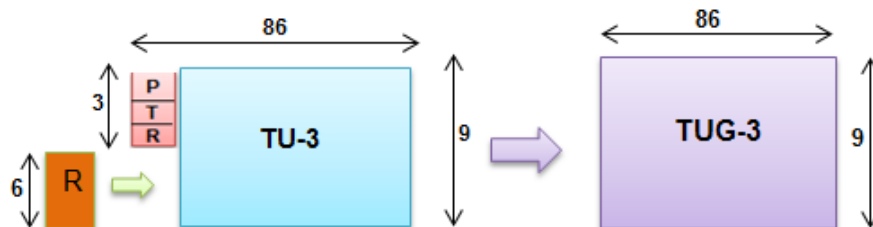


Figura 20. Multiplexación de un TU-3 a un TUG-3.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.1322>

Como se observa en la Figura. 20 , el TU-3 tiene una estructura incompleta. El siguiente paso es añadir los bytes de relleno para que se forme el TUG-3.

- 1) 7 x TUG-2 + bytes de justificación.
- 2) 1 TU-3 + bits de justificación.

1.5.5. Unidad Administrativa.

Se forma a partir de la inserción de un puntero (AU) en los C-n de Orden superior, entre sus funciones está la determinar el nivel de jerarquía de la señal STM-1, también identifica el inicio del VC-n dentro de la trama STM-N.

Se especifican dos tipos de Unidades Administrativas:

1.5.5.1. Unidad Administrativa 4

La AU-4 presenta la siguiente estructura, Figura.21:

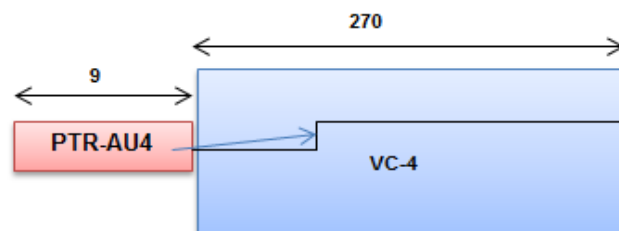


Figura 21. Estructura de AU-4.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.1322>

1.5.5.2. Unidad Administrativa 3.

La AU-3 tiene la siguiente estructura, Figura.22:

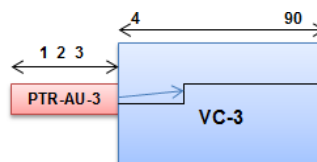


Figura 22. Estructura AU-3.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2007). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.132>.

Su capacidad de transporte se calcula de la siguiente manera

- *Capacidad de Transporte AU-4, Ecuación. 20, es:*

$$C_{AU-4} = 8 \times (9 + 261 \times 9) \times 8 \times 10^3 = 150.912 \text{ Mbits/s} \quad \text{Ecuación 20}$$

a b c d

Fuente: Mancini, C. (s.f). *CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH*

Donde:

- a) Número de bits con los que se compone cada byte
- b) Bytes ocupados por el "AUOH"
- c) Bytes disponibles para la carga útil
- d) Frecuencia de trama STM-1

1.5.6. Grupo de Unidades Administrativas.

También denominado AUG-n se forma a partir de la combinación de tres AU-3 o un AU-4. En esta cabecera no se incluye la SOH, Figura.23:

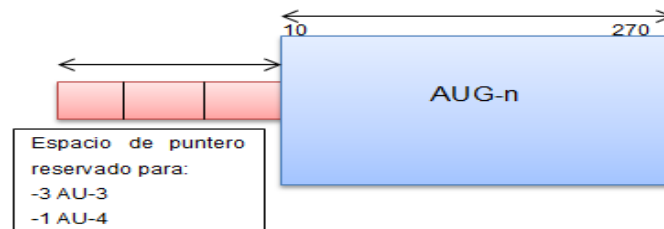


Figura 23. Estructura de un AUG-n.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2007). Recuperado de:

<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.1322>

1.6. Esquema de multiplexación SDH.

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

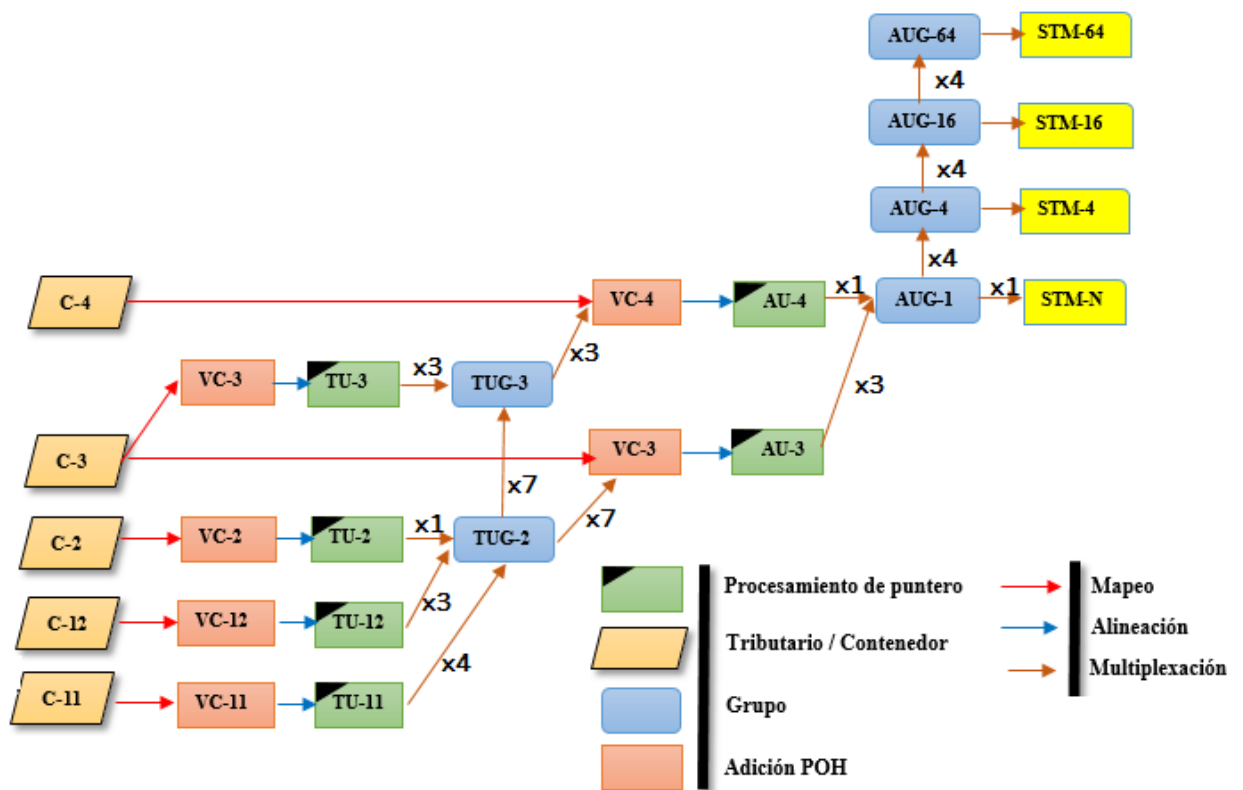


Figura 24. Proceso de Multiplexación en SDH

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

Cabe señalar que de la Figura.24, 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.
- Releno:** se utiliza para adaptar la velocidad de los tributarios, a la de los contenedores.
- Adición de Overhead:** en este paso se añaden bytes adicionales a la información o carga útil, para poder realizar la transmisión y el monitoreo continuo del flujo de datos.

1.7. Modelo de capas SDH.

Durante el proceso de encapsulación, los contenedores virtuales atraviesan una serie de conexiones para poder transportar los diferentes tipos de servicios en un canal de comunicación entre dos extremos del enlace, conocido como el *Modelo de capas* de una red de transporte SDH, el cual en base a la Figura.25 (a), se clasifica de la siguiente forma:

- Capa de Circuito
- Capa de Trayecto o camino
- Capa de Transmisión

1.7.1. Capa de Circuito.

Se encarga de proporcionar a los clientes, diferentes tipos de servicios, que se presentan de acuerdo a las necesidades de los mismos. Los servicios pueden ser de conmutación de circuitos o conmutación de paquetes. Una consideración importante es que esta capa o requiere ningún tipo de información por parte de la capa de trayecto o camino.

1.7.2. Capa de Trayecto o Camino.

Su función principal es transportar el tráfico en contenedores virtuales, provenientes de las diferentes capacidades de la capa circuito, se pueden clasificar dos secciones específicas:

Camino de orden Inferior (LO POH) y Camino de Orden Superior (HO POH). Dentro de lo que se encuentran los VC-n ($n = 11, 12, 2$) y los VC-n ($n = 3, 4$) respectivamente.

1.7.3. Capa de Transmisión.

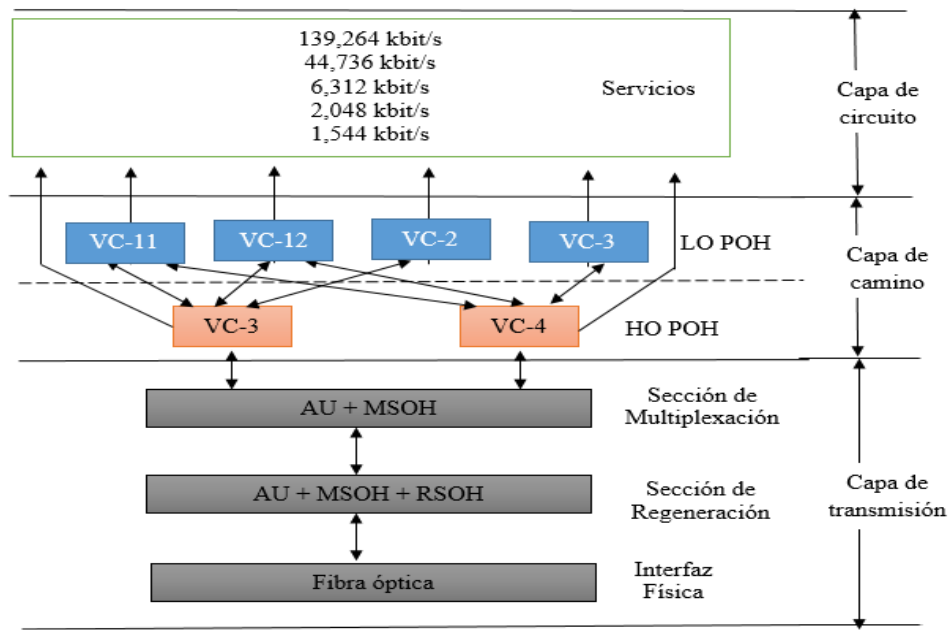
En esta capa se encuentra todas las características referentes, a las funciones necesarias para transportar el tráfico entre nodos. Dentro de esta capa se establece la siguiente clasificación:

1.7.3.1. Capa de Sección (Section layer).

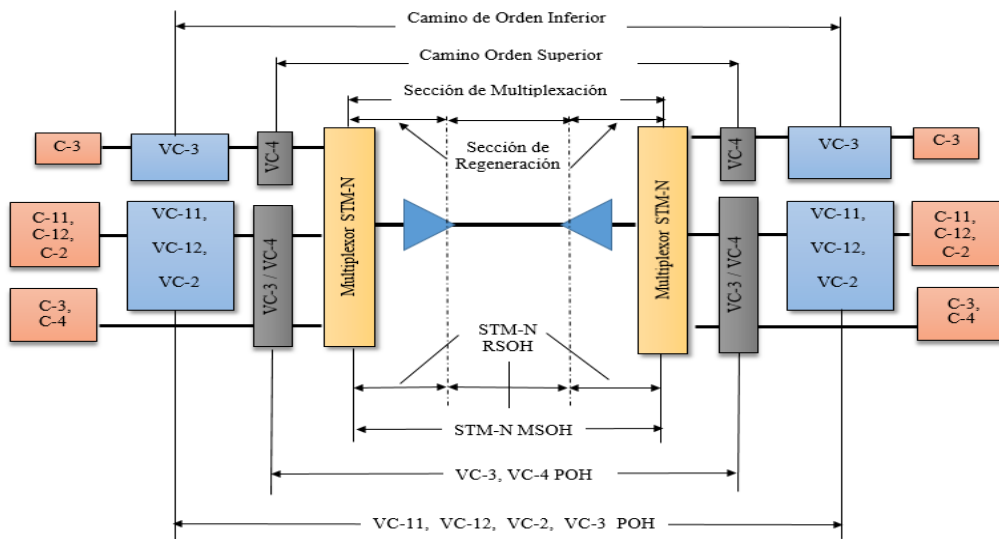
Esta capa se forma a partir de dos elementos unidos en forma contigua, los mismos que pueden ser entre dos ADMs, DXCs conocido como *Sección de Multiplexación (MSOH)*. La siguiente capa es la *Sección de Regeneración (RSOH)*, formada a partir de dos REG o entre un ADM, DXC y un REG. En el Anexo C.3.1.1, se especifican en mejor detalle los NE de la tecnología SDH.

1.7.3.2. Capa física.

Esta capa es el primer nivel del modelo de capas, representado por el medio de transmisión. En este caso la fibra óptica. Donde se determina las características específicas del medio de transmisión, encargado de donde las tramas son transportadas en el canal de comunicación el tipo de fibra óptica, ventanas de operación, potencia a la que se puede transmitir, interfaces ópticas, características de los receptores.



(a)



(b)

Figura 25. (a) Arquitectura de capas SDH. (b) Secciones de un enlace SDH.

Fuente: Adaptado de: Recomendación ITU-T G.803.

1.8. Esquema de 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).

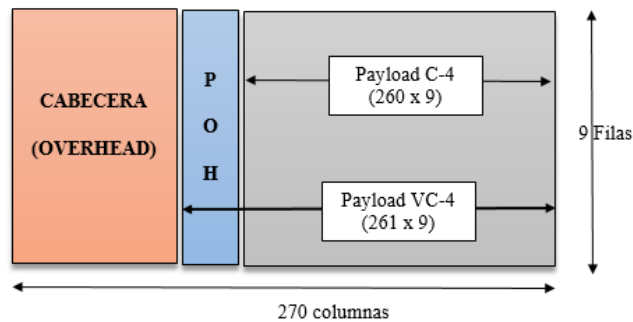
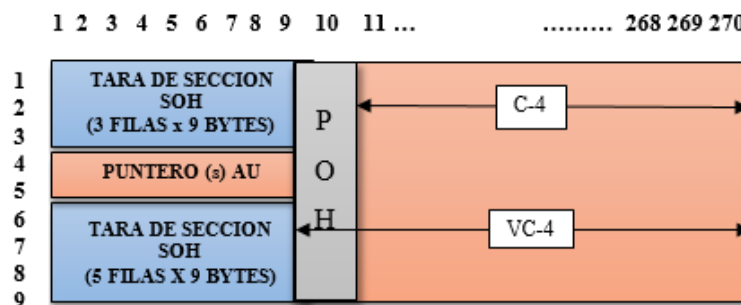


Figura 26. Esquema de trama STM-1

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

La Figura.26, muestra la composición de la trama básica SDH, compuesta por N= 9 filas y M= 270 columnas, transmitida cada 125 μs. 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*¹¹ y *tara de camino*¹².

Para entender de mejor manera la formación de la trama básica se detalla el proceso de formación de la siguiente forma, Figura.27:



(a)

¹¹ **SOH:** Section Overhead.

¹² **POH:** Path Overhead.

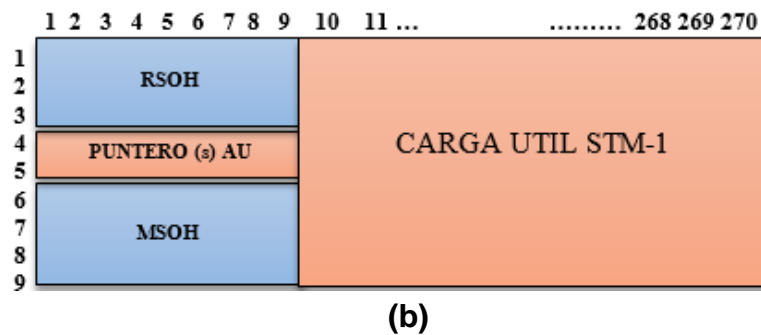


Figura 27. (a) y (b). Esquema de trama de primer Nivel STM-1

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

1.8.1. Tara de Sección (SOH)

La tara de sección se forma a partir de la unión de bytes adicionales de información al VC, con el propósito de permitir que la trama pueda ser transmitida con el menor número de errores, entre los diferentes NE de la red SDH, a través de señales de alarma, detección de errores, monitorización del tráfico. El encabezado de sección, se clasifica de la siguiente forma:

1.8.1.1. RSOH.

La RSOH, se encuentra presente en la capa de regeneración, que se utiliza cuando la señal sufre alteraciones al momento de llegar al nodo origen. Un punto importante es que su funcionamiento se realiza independientemente de los demás segmentos. Los bytes asignados a la RSOH, se detallan en la siguiente Figura.28:

A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	xx	xx
B1	M	M	E1	M			xx	xx
D1	M	M	D2	M		D3		

Figura 28. Encabezado de Sección de Regeneración

Fuente: Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.132>

La Tabla.5, muestra sus principales características de funcionamiento, dentro de la trama:

Tabla 5. Función de los bytes de RSOH

Byte		Descripción
A1, A2	STM-n, 3 x nA1 bytes seguido de 3 x nA2 bytes	Cada equipo localiza la trama STM-1, a través de una secuencia repetitiva, que es la señal de alineamiento de trama cuyo contenido es fijo.
J0/ C1	N bytes	Identificador de un STM-1 en un STM-n, designa individualmente cada una de las n tramas básicas de STM-1 multiplexadas en STM-n.
B1	1 byte	Utilizado para la detección de errores. En STM-n se utiliza solo el byte B1 correspondiente al primer STM-1.
E1	1 byte	Canales de servicio. Proporcionan canales de servicio para voz y datos de los regeneradores.
F1	1 byte	Canal de usuario. Empleado para ser utilizado por usuarios como los operadores de la red.
D1-D3	3 bytes	Canal de Comunicación de datos. Se utilizan para transmitir información (OAM ¹³), entre los entre los terminales de sección de regeneración.

Fuente: Caballero, J. (2012). Redes de Sincronización SDH. Barcelona. ALBELDO Telecom

1.8.1.2. MSOH.

Es la sección encargada del monitoreo de la trama. El proceso de transmisión de los bytes de información a través del canal, pasan a través de los regeneradores en forma transparente. Los bytes asignados a la MSOH, se detallan a continuación, Figura.29.

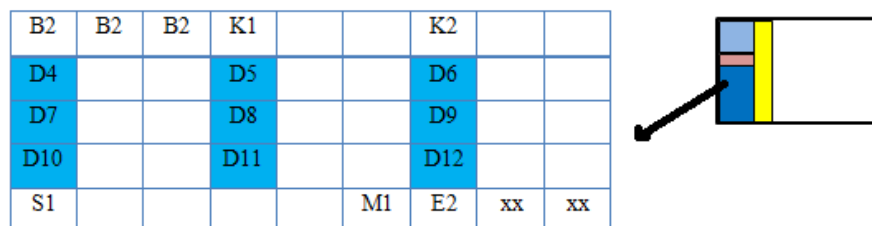


Figura 29. Encabezado de Sección de Multiplexación

Fuente: Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.132>

¹³ **OAM:** (Operation, Administration and Maintenance) Operación, Administración y Mantenimiento.

Cada una de las funciones de los bytes de MSOH, se especifican en la Tabla.6:

Tabla 6. Función de los bytes de MSOH

B2	3 x n bytes	Cumple con las mismas funciones de B1, con la única diferencia que ocupa los 3 bytes por cada señal STM-1, en los extremos multiplexores.
K1 K2 (bits 1-5) K2 (bits 6-8)	2 bytes	Protocolo de señalización para Conmutación de Protección Automática (APS ¹⁴) MS-RDI: (<i>Multiplex Section Remote Defect Indication</i>). Se utiliza para devolver al extremo de transmisión la indicación de que el extremo de recepción ha detectado un defecto de sección entrante o está recibiendo una señal de indicación de alarma de sección de Multiplexación (MS-AIS Multiplex Section Alarm Indication Signal, bits 6,7 y 8=111). La MS-RDI se genera insertando un código "110" en las posiciones 6,7 y 8 del octeto K2 antes de la aleatorización.
E2	1 byte	Cu Canales de servicio. Proporcionan canales de servicio para voz y datos de los multiplexores.
D4-D12	9 bytes	Canal de Comunicación de datos: Se utilizan para transmitir información (OAM), entre los entre los terminales de sección de multiplexación.
S1	1 byte	Indica el estado de la sincronización por medio de mensajes (SSM ¹⁵)
M1	1 byte	Este byte se utiliza para informar el número de errores detectados por el receptor mediante la evaluación de tres bytes B2. Sólo un byte M1 se define en una trama STM-N

Fuente: Caballero, J. (2012). Redes de Sincronización SDH. Barcelona. ALBELDO Telecom

Nota: dentro de la trama STM-N, se encuentran los bytes: M: Bytes reservados uso específico de medios. xx: Bytes reservados para uso nacional. Bytes reservados para futuras aplicaciones.

Finalmente, como se observa en la Figura.27, dentro de la SOH, existe el puntero, que no forma parte de la cabecera y cuya función es establecer la posición del contenedor virtual dentro de la trama para evitar perder la sincronía en la transmisión, se analizara su estructura más adelante en el Anexo A.1.

¹⁴ **APS:** (Automatic Protection Switching)

¹⁵ **SSM:** (Sincronization Status Messanges): Estado de mensajes de Sincronización

1.8.1.3. Tara de Trayecto (POH)

La Tara de Trayecto, tiene como función identificar el tipo de contenedor que se desea transmitir, para garantizar que la información útil se transmita solo al equipo que va dirigido el tráfico. El POH se clasifica en dos niveles, que dependen del tipo de VC al que son asignados:

1.8.1.3.1. HO-POH¹⁶.

La tara de trayecto de orden superior se forma a partir de los VC-n (n= 3, 4). Como se observa en la Figura.30:

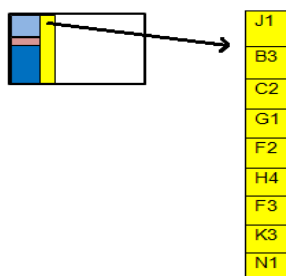


Figura 30. HO-POH

Fuente: Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.132>

Cada una de las funciones de los bytes de HO-POH, se especifican en la Tabla.7:

Tabla 7. Función de los Bytes HO-POH

J1	Su posición es indicada por el puntero AU-PTR o TU-PTR. Este primer byte marca el inicio de la trama. Se encarga de la verificación de la conexión de los VCs.
B3	Este byte se utiliza para la monitorización de errores sobre todo el trayecto. El byte es evaluado sólo al final de la ruta.
C2	Etiqueta de señal o Identificador de carga del VC. Este byte se utiliza para identificar el tipo de composición del contenedor VC-3 o VC-4
G1	Estado del trayecto. Se utiliza para el intercambio de información, como alarmas y errores en los extremos del trayecto de VC.
F2, F3	Canal de usuario del trayecto. Se asigna para fines de comunicación de usuario entre elementos de trayecto, para monitorización extremo a extremo.
H4	Indicador de posición de multitrama. En el caso de la información se distribuye en distintas tramas. Es el caso del transporte de contenedores virtuales de orden inferior: VC-11, VC-12, VC-2.
K3	Conmutación de protección automática. Los bits 1 a 4 se utilizan para controlar APS en el orden superior, los bits 5 a 8 se reservan para futuras aplicaciones
N1	Byte del operador. Se utiliza para propósitos de administración.

Fuente: Caballero, J. (2012). Redes de Sincronización SDH. Barcelona. ALBELDO Telecom

¹⁶ HO-POH: High Order Path Overhead

1.8.1.3.2. LO-POH¹⁷.

La tara de trayecto de orden inferior se forma con la unión de 4 bytes consecutivos que forman la multitrama, con un periodo de 500µs. Se utilizan con los VC-n (n= 11, 12, 2). Como se observa en la Figura.31:

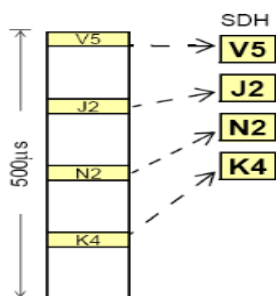


Figura 31. LO-POH

Fuente: Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.707/Y.132>

Cada una de las funciones de los bytes de HO-POH, se especifican en la Tabla.8:

Tabla 8. Función de los Bytes LO-POH

Byte	Descripción
V5	Indicación de monitoreo y error
J2	Indicador de verificación de conexión con el nodo receptor.
N2	Byte utilizados para la comprobación de errores de conexión
K4	Conmutación de Protección Automática

Fuente: Caballero, J. (2012). Redes de Sincronización SDH. Barcelona. ALBELDO Telecom

La gran cantidad de bytes que la red SDH dispone para asegurar la calidad de la transmisión, han sido descritos en las Tablas anteriores. Adicionalmente en el Anexo. A.2, se enumeran las funciones específicas de los bits de cada byte de la SOH, además de su formato. También se detalla a los bytes que realizan las funciones de OA&M¹⁸.

¹⁷ **LO-POH:** Low Order Path Overhead

¹⁸ Operación, administración y mantenimiento de la red.

1.9. Interfaces Ópticas SDH

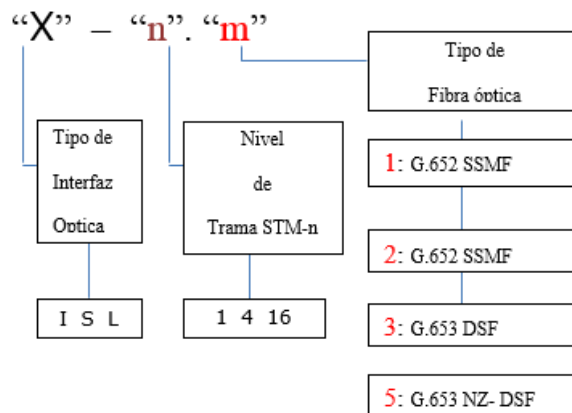
De acuerdo a la normativa UIT-T G.957, se establecen transceptores SDH para diferentes escenarios de transmisión, estos pueden estar limitados por su capacidad, distancia promedio del enlace, longitud de onda, nivel de dispersión cromática y otras ventajas ofrecidas por los diferentes fabricantes de este tipo de tecnología. A continuación se presenta la Tabla.9, con los interfaces ópticos estandarizados.

Tabla 9. Interfaces Ópticos SDH

Aplicación	Intracentrales	Intercentrales					
		Corta distancia			Larga Distancia		
Longitud de onda (nm)	1310	1310	1550	1310	1550		
Tipo de fibra	G.652	G.652	G.652	G.652	G.652	G.653	
Perdidas en dB	0-7	0-12	0-12	10-28	10-28	10-28	
Nivel	STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3

Fuente: Sistemas y medios de transmisión digitales (2006). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.957>

Como se observa en la Tabla.9, anterior la representación es expresada de la siguiente manera:



Las nominaciones referentes al alcance de detallan a continuación:

- **Local,**
Representado con la sigla (I) de “Intraoffice Connection”
- **Corto alcance,**
Representado con la sigla (S) de “Short-Haul Interoffice connections”
- **Largo alcance**
Representado con la sigla (L) de “Long-Haul Interoffice connections”

1.10. Sistemas de Transmisión WDM

En sistemas WDM el proceso de transmisión presente otro tipo de entramado denominado OTN¹⁹, regulado por el estándar ITU-T G.709. Este sistema utiliza las velocidades características de SDH, para ordenar los diferentes tipos de señales del cliente, en determinadas longitudes de onda WDM, para optimizar la capacidad de transmisión.

El proceso de transporte de la señal del cliente a través de OTN, empieza con el ajuste de los datos del cliente y una cabecera (OH²⁰) en cada sección.

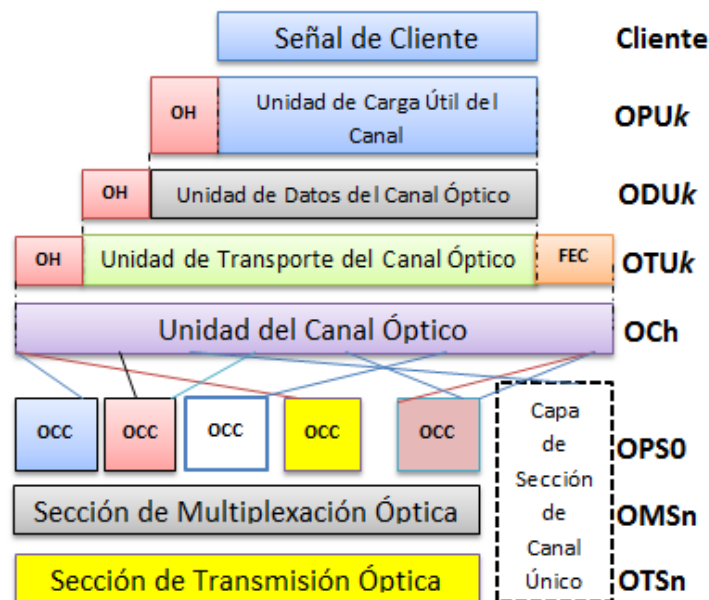


Figura 32. Proceso de encapsulación de la Señal Cliente.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2003). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.709>

¹⁹ OTN: Optical Transport Network.

²⁰ OH (OverHead): Carga Útil o Cabecera de Información.

En base a la Figura.32, dentro de la jerarquía OTN existen tres capas fundamentales, descritas de la siguiente manera:

- La Capa del Canal Óptico (OCh)
- La Capa de Sección Multiplexación Óptica (OMS)
- La Capa de Sección de Transporte (OTS)

1.10.1. Canal Óptico

Se define al OCh como el camino donde los diferentes servicios requeridos por el cliente, son transportados en longitudes de onda establecidas.

1.10.2. Subcapas del Canal Óptico

Dentro del OCh existen tres subcapas, clasificadas de la siguiente manera.

- **OPU.**

Contiene la información útil del cliente, más una cabecera de información, Figura.32, que especifica el tipo de información que se va a transportar.

- **ODU.**

Se utiliza para encapsular el OPU, con la adición de un OverHead (ODU-OH). El mismo que contiene la información encargada de la supervisión, mantenimiento y detección de fallas en las diferentes conexiones del enlace óptico.

- **OTU.**

Se forma a partir de la unión de la trama ODU con un (OTU-OH), que unidas al FEC, garantizan las funciones de supervisión, control de errores, presentes en las capas superiores OMS y OTS.

Las tramas OTU_k se clasifican de la siguiente manera, Tabla 10, cuyo índice k , determina la tasa de bits:

Tabla 10. Velocidades de OTUk

Tipo OTUk	Velocidad de Transmisión	Correspondencia con SDH	Velocidad de transmisión
OTU-1	2,666 Gbps	STM-16	2,448 Gbps
OTU-2	10,709 Gbps	STM-64	9,953 Gbps
OTU-3	43,018 Gbps	STM-256	39,813 Gbps

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2003). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.709>

1.10.3. OMS y OTS.

En este punto la OMS, agrupa todos los canales ópticos multiplexados y ayuda a los equipos a localizar las fallas que se producen en WDM, mientras que la OTS, contiene toda la información de mantenimiento entre equipos multiplexores, switches, amplificadores ópticos en secciones del enlace óptico.

1.10.4. Estructura de Trama OTN

Como se observa en la Figura. 33, la trama OTN posee similares características que SDH, ya que se forma a partir de tres partes fundamentales como son:

- El OverHead
- El Payload
- El OTU FEC.

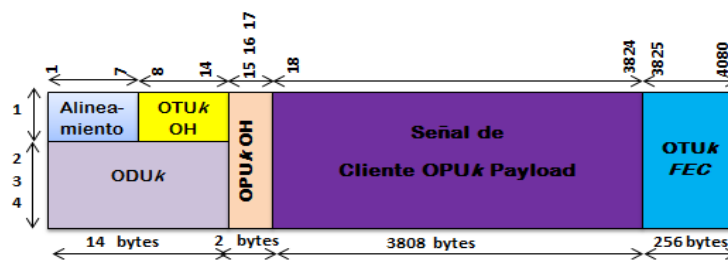


Figura 33. Trama OTN.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2003). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.709>

Por otra parte, OTN es la continuación de su similar SDH, con la diferencia que en SDH, su tasa de bits máxima estimada está en el orden de los 39,813 Gbps equivalentes a un STM-256, mientras que OTN puede tener alrededor de hasta 111,809 Gbps.

1.10.5. Arquitectura OTN.

La arquitectura funcional OTN, se compone de capas como se observa en la Figura.34, donde la capa (OCh) es la conexión extremo a extremo entre dos usuarios, la capa OMS es la parte donde los canales multiplexados ingresan en el enlace, para terminar la capa OTS donde la señal se transporte en enlace en determinados puntos.

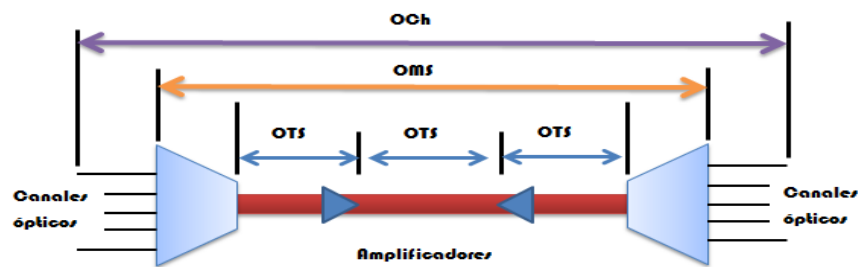


Figura 34. Arquitectura OTN.

Fuente: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales (2003). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.709>

1.11. 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.

1.11.1. Medio de transmisión.

La gran demanda de servicios y aplicaciones de datos en un sistema globalizado marca una limitante en los medios de transporte de datos convencionales. Para suplir estas necesidades, en el transcurso de los años se ha venido perfeccionando los medios de transmisión ópticos, actualmente estos son muy estables y permiten numerosas ventajas dirigidas al transporte de grandes cantidades de información sobre distancias muy remotas.

En este punto se determinará las características fundamentales de la fibra óptica, así como los factores internos y externos que pueden reducir el nivel de transmisión.

1.11.2. Estructura de la fibra Óptica y Clasificación de la Fibra Óptica.

La fibra óptica posee diferentes componentes que al momento de su instalación la protege de fenómenos físicos o naturales, que pueden ocasionar pérdidas de información o la disminución de su tiempo de vida útil en el diseño de la red, constituida de la siguiente manera, Figura.35:



Figura 35. Estructura de la fibra óptica

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

- (a) Núcleo: es el elemento encargado de transmitir la señal óptica o haz de luz, la misma que se compone principalmente por vidrio de sílice.
- (b) Revestimiento: es el encargado de envolver al núcleo, y de evitar que las diferentes señales ópticas salgan del mismo antes de llegar al extremo, compuesto principalmente de una cubierta acrílica o plástico.
- (c) Buffer y Material de Refuerzo: estos dos materiales se encargan de preservar a la fibra óptica de ataques químicos y dotarlos de mayor resistencia mecánica.
- (d) Envoltura o camisa: se encarga de cubrir todos los elementos citados anteriormente, logrando una mejor manipulación de la fibra óptica al momento de la instalación, evitando que se produzcan interferencias entre fibras adyacentes.

1.11.2.1. Componentes de la Fibra Óptica.

La fibra óptica posee componentes importantes en la transmisión, como se observa en la Figura.36, la fibra óptica transmite la señal de información en forma de haces de luz, LD²¹ o LED²² de un punto a otro donde quiera que este vaya.

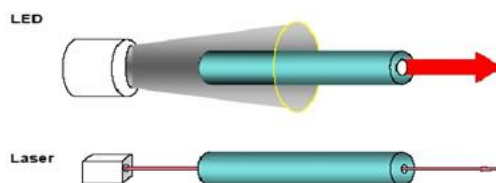


Figura 36. Método de Transmisión LED y LASER

Fuente: (s.f) Grupo Lyntel. Fibra Óptica. (2009). Recuperado de: <http://www.slideshare.net/lyntel/fibra-optica-2008>

Al momento de transmitir luz por un medio los conversores eléctricos ópticos, convierten las señales eléctricas en ópticas, donde la señal que sale del transmisor se propaga por la fibra óptica hasta llegar al receptor en forma de información como se indica en la Figura.37, dependiendo de la distancias se utilicen amplificadores²³.

La Tabla.11 muestra los valores de longitud de onda de acuerdo a los tipos de fibra óptica y haces de luz:

Tabla 11. Longitud de Onda de las fuentes ópticas

Tipo emisor	de Fibra Utilizada	Velocidad máxima	Longitud de onda (nm)	Alcance máximo
LED	Multimodo	300-600Mb/s	850/13100	2 km
LASER	Multimodo	10-40 Gb/s	850/1310	80km
LASER	Monomodo	10-40 Gb/s	1310/1550	160km

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

Las longitudes de onda de cada uno de los emisores de luz, permiten establecer zonas donde la fibra óptica posee bajas pérdidas, que disminuyen considerablemente la atenuación²⁴ en comparación con otros valores de longitud de onda.

²¹ **LD:** el láser es un dispositivo semiconductor capaz de emitir luz láser en una sola dirección.

²² **LED:** es un emisor de luz emitido en varias direcciones.

²³ **Amplificadores:** se encargan de aumentar la intensidad de la señal en un medio físico.

²⁴ **Atenuación:** son pérdidas de señal ocasionadas durante una transmisión

Si bien el LED presenta longitudes de onda con atenuaciones mayores que el LD, su tiempo de vida útil es mucho mayor que el LD pero con menores distancias, debido a la distorsión del haz de luz, por lo que es necesario determinar en qué condiciones del diseño se utiliza LED o LD.

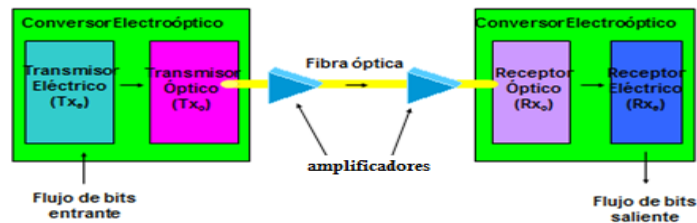


Figura 37. Transmisión de la Fibra óptica

Fuente: Montañana, R (s.f). Medios Físicos de Transmisión de datos. Recuperado de:
www.uv.es/montanana/TSTD-1.ppt

1.11.3. Tipos de Cable de Fibra Óptica.

En la actualidad la fibra óptica presenta diferentes componentes, que de acuerdo a las condiciones en las que se realice su instalación se clasifican de la siguiente manera:

1.11.3.1. Cables Aéreos.

Estos tipos de cables ocupan un menor espacio físico, ya que se instalan sobre postes de alumbrado público o torres de alta tensión, por su estructura física son los siguientes:

1.11.3.2. Cable Dieléctrico Auto soportado ADSS²⁵.

Este tipo de cable es de forma lisa, cuya principal característica es que no requieren de un mensajero como soporte, está cubierto de aramida²⁶ que le proporciona resistencia y tensión para soportar las condiciones naturales más exigentes, como se observa en la Figura. 38.

²⁵ **ADSS:** All Dielectric Self Supporting

²⁶ **Aramida:** es una fibra sintética de gran resistencia y mucha rigidez debido a las uniones que posee.



Figura 38. Cable ADSS

Fuente: Montañana, R (s.f). Medios Físicos de Transmisión de datos. Recuperado de:
www.uv.es/montanan/TSTD-1.ppt

1.11.3.3. Cable Aéreo o figura 8.

Según la Figura. 39, este tipo de cable es construido para ser utilizado en estructuras para poste, en su estructura consta de un alambre de acero galvanizado, el mismo que le da mayor resistencia frente a movimientos bruscos ocasionados a lo largo de su vida útil, por lo que toma el nombre de fibra óptica con mensajero.



Figura 39. Cable aéreo

Fuente: Montañana, R (s.f). Medios Físicos de Transmisión de datos. Recuperado de:
www.uv.es/montanan/TSTD-1.ppt

1.11.3.4. Cable OPGW²⁷

Estas fibras ópticas, Figura. 40, se encuentran protegidas por pesados cables a tierra, utilizado por las compañías eléctricas que las ubican en torres de alta tensión.



Figura 40. Cable OPGW

Fuente: (s.f) Cables OGW. Recuperado de: <http://www.fiberopticalcable.org/es/opgw-fiber-cable.html>

²⁷ **OPGW:** Optical Ground Wire

1.11.3.5. Cable Subterráneo.

Este tipo de cables están diseñados para soportar las diferentes condiciones presentes, cuando se instalan en conductos o enterrados directamente, se clasifican en:

1.11.3.6. Cable Blindado.

A diferencia de la anterior presenta una coraza de acero, para evitar daño por roedores y resistencia mecánica, por debajo de la cubierta de polietileno, este tipo de cable puede ser de estructura holgada o ajustada, Figura. 41.

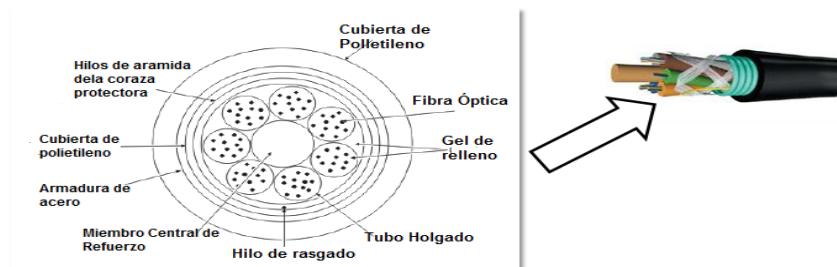


Figura 41. Cable Blindado o Canalizado

Fuente: (s.f). Taller de Comunicaciones Ópticas. Recuperado de: <http://www.mistelcomunicaciones.com/>

1.11.4. Fibra Óptica en intraoffice.

1.11.4.1. Patch cord.

El patch cord o también denominado cordón óptico, Figura. 42, es un cable con conectores instalados en ambos extremos, que permite conectar equipos ya sea con una o dos fibras ópticas.



Figura 42. Cordón Óptico

Fuente: Milanés, N, (s.f). Curso de Cableado Estructurado. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/77293021/15/Patch-Panel-de-Fibra>

Un factor importante a tomar en cuenta y que se observa en la Figura. 43, es que los patch cord presentan una configuración cruzada o cambio de posición



Figura 43. Orientación de los patch cord

Fuente: Milanés, N, (s.f). Curso de Cableado Estructurado. Recuperado de:
<http://es.scribd.com/doc/77293021/15/Patch-Panel-de-Fibra>

1.11.4.2. Pigtaills

Presenta similares características que el Patch cord con la diferencia que tiene conectores en un solo extremo de la fibra óptica de modo que el otro extremo se fusiona con la fibra óptica de la siguiente red, como se observa en la Figura. 44.

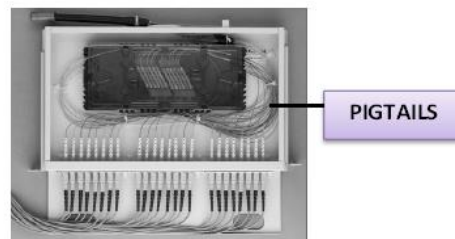


Figura 44. Pigtaills

Fuente: (s.f). Taller de Comunicaciones Ópticas. Recuperado de: <http://www.mistelcomunicaciones.com/>

1.11.4.3. Distribuidor de Fibra Óptica (ODF)

El (ODF) es una caja metálica en donde se conecta los cables de fibra óptica debido a que tiene una serie de puertos para el ingreso de los mismos, es la que aparece en la Figura.45.



Figura 45. ODF

Fuente: mercadolibre.com.ar/MLA-436312231-distribuidores-odf-patcheras-patchpanel-de-fibra-optica-_JM

1.11.4.4. Conectores.

Los conectores permiten unir dos extremos de la fibra óptica que puede ser instalada en forma permanente si se desea. La mayoría de los conectores se basan en el uso de piezas que aseguran el soporte de las fibras, como la férula, caja de conector, detalladas en la Figura.46.

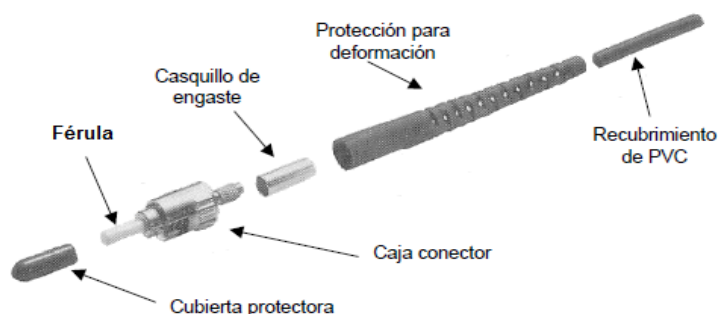









Figura 46. Partes de un conector

Fuente: Rodríguez, G. (s.f) Area de Tecnología Eléctrica. Fibra Óptica. **Recuperado de:** <http://www.paratorpes.es/manuales/curso%20fibra%20optica.pdf>

Una vez definidos, se pueden clasificar de la siguiente manera, Tabla.12:

Tabla 12. Tipos de Conectores.

FIGURA	Conector	Perdidas por Inserción	Característica
	SC (Straight Connection)	0.2-0.45 dB	Es un conector que se conecta directamente, se usa en redes de área local
	ST (Straight Tip)	0.4 dB SM 0.5 dB MM	Similares al conector SC, con la diferencia que requiere un giro para ser conectado
	FC	0.5-1.0 dB	Se utiliza para equipos de control, audio, seguridad, es de una sola fibra y se conecta por enroscamiento.
	LC	0.15 dB SM 0.10 dB MM	Presenta un mecanismo para acople muy similar al tipo RJ, con tamaño

			muy reducido en relación al conector SC
	E2000		Presenta una serie de mejoras en relación al conector SC, se acopla en forma similar al conector RJ.
	FDDI	0.2-0.7 dB	Es un conector que une dos fibras ópticas se lo une mediante deslizamiento
	MT RJ	0.3-1.0 dB	Su principal característica es de dar fibra óptica al escritorio.

Fuente: Paredes, J (2004). Sistema y Redes Ópticas de Comunicaciones. Madrid: Prentice-Hall

1.12. Parámetros Característicos.

Los parámetros característicos de la fibra óptica, se clasifican de la siguiente forma:

1.12.1. Parámetros Estáticos

Están presentes en forma constante a lo largo de la fibra óptica, cuando diferentes haces de luz chocan en la superficie de separación entre el núcleo y revestimiento, se producen dos fenómenos importantes conocidos como Reflexión²⁸ y Refracción²⁹, Figura.47.

²⁸ **Reflexión:** Se produce cuando una parte de luz se regresa al mismo medio

²⁹ **Refracción:** Se produce cuando un haz de luz sale del medio a diferentes direcciones.

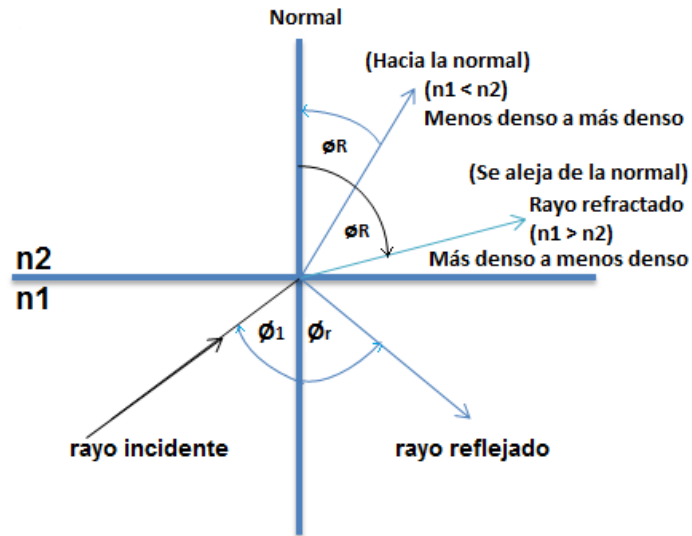


Figura 47. Reflexión y Refracción.

Fuente: Adaptado de: Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. (2ª ed.). México: Prentice Hall.

Dónde:

- \varnothing_1 : ángulo incidente
- \varnothing_r : ángulo reflejado
- \varnothing_R : ángulo refractado
- n : índice de refracción

De la Figura.47, se establece que los ángulos formados por el rayo incidente y reflejado respecto a la normal son iguales, Ecuación 20.

$$\varnothing_1 = \varnothing_r \quad \text{Ecuación 20}$$

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

La inclinación que pueden tener los ángulos \varnothing_r y \varnothing_R , depende de la relación entre la velocidad de un haz de luz en el vacío y la velocidad del haz de luz del material, conocido como *índice de refracción*, Ecuación.21.

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{Ecuación 21}$$

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

Al utilizar la *ley de Snell*, Ecuación. 22 y 23, se establece la forma en que un haz se refracta al ingresar a un medio con diferentes índices de refracción:

$$(1) n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2 \quad \text{Ecuación 22}$$

Fuente: Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. (2ª ed.). México: Prentice Hall.

$$(2) \frac{n_1}{n_2} = \frac{\text{sen}\theta_2}{\text{sen}\theta_1} \quad \text{Ecuación 23}$$

De acuerdo a la Figura.52, se determina cuando un rayo de luz se refracta acercándose o alejándose de la normal, dependiendo si el valor de n_1 es mayor o menor que n_2 .

1.12.1.1. Reflexión Interna Total.

Este fenómeno se produce cuando la luz incidente aumenta θ_c^{30} , provocando que la luz refractada llegue a 90° , lo que significa que desaparezca y la luz se refleje en su totalidad hacia la superficie, como se indica en la Figura. 48.

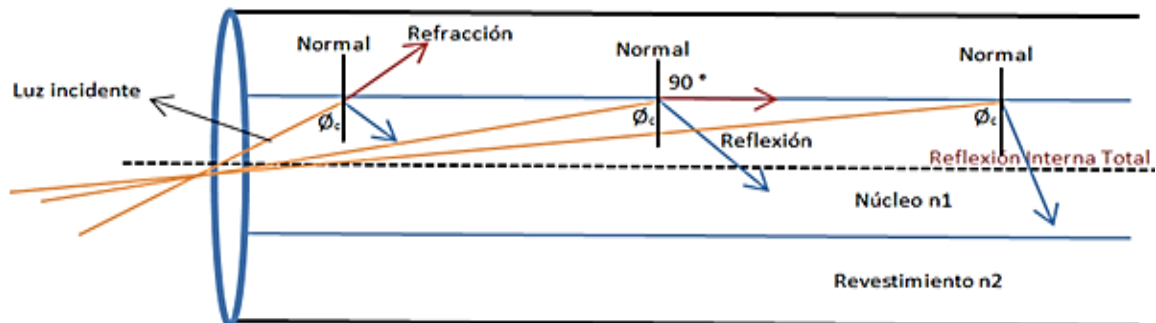


Figura 48. Reflexión Interna Total

Fuente: Paredes, J. (2004). *Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones*. Madrid: Prentice Hall.

1.12.1.2. Apertura Numérica.

La (NA) se define como el ángulo (α) en donde la fibra óptica capta los diferentes haces de luz que cumplen con el principio de **Reflexión Interna Total**, formando el conocido **Cono de Aceptación**, como se observa en la Figura.49.

³⁰ **Angulo crítico:** ocurre cuando el ángulo de refracción es igual a 90°

Queda ahora precisar la NA en base a la Ecuación.24:

$$AN = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{Ecuación 24}$$

Fuente: Wayne, T. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. (2ª ed.). México: Prentice Hall.

Hay que establecer que cuando los valores de los índices de refracción son algo parecidos, menor será la AN y menor el ángulo de aceptación o viceversa.

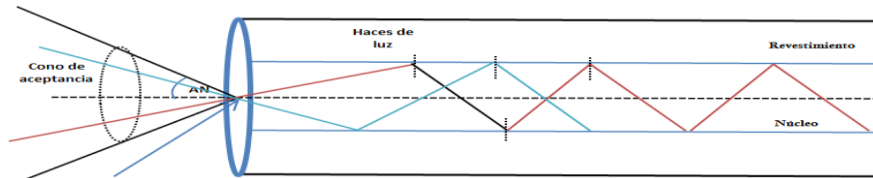


Figura 49. Apertura Numérica

Fuente: Revista de la ITU-T. Tecnología de Comunicaciones Ópticas. Recuperado de:
<http://revistaonlineiutirla.files.wordpress.com/2010/01/generalidades-de-la-fibra-optica.pdf>

1.12.2. Parámetros Dinámicos.

Se caracterizan porque la señal que va de un punto a otro en la fibra óptica pierde potencia, provocando una afectación del haz de luz.

1.12.2.1. Atenuación.

La atenuación es la pérdida de potencia que sufren las señales a medida que se transmiten por la fibra óptica, es la que controla la distancia máxima a la que la señal puede viajar.

En la fibra óptica se puede reducir este fenómeno de acuerdo a longitud de onda en la que se trabaje, lo que permite definir las regiones en las que la atenuación alcanza niveles muy bajos, llamados **ventanas de transmisión**.

Clasificándolas de la siguiente manera, Figura. 50:

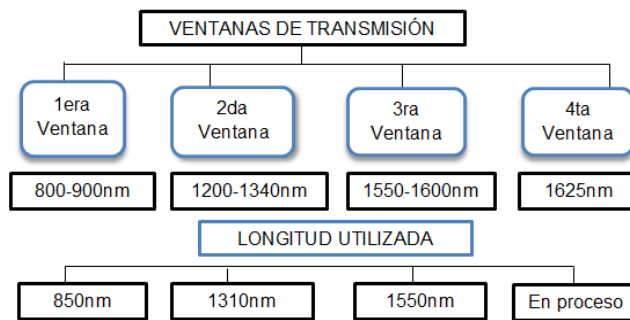


Figura 50. Ventanas de Transmisión

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

Se observa en la Figura.51, que la atenuación se incrementa a longitudes de onda mayores a 1600nm, debido a la absorción del silicio en el material. Así como la relación que existe entre la atenuación y la longitud de onda.

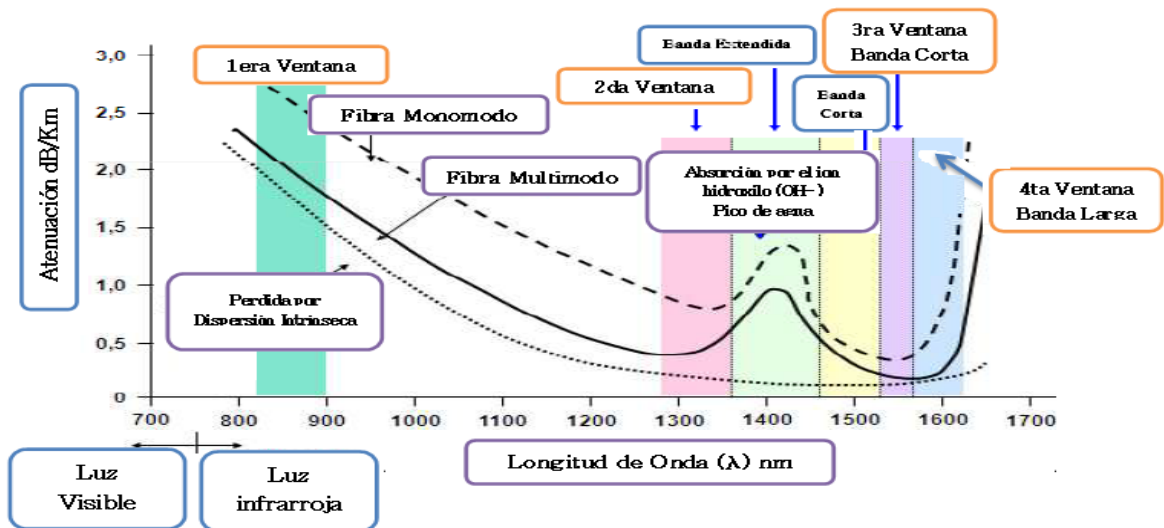


Figura 51. Atenuación y Longitud de Onda

Fuente: Paredes, J. (2004). Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones. Madrid: Prentice Hall.

En la siguiente clasificación se definen los fenómenos que contribuyen a la pérdida de información:

1.12.2.2. Pérdidas Intrínsecas.

Las pérdidas intrínsecas se ocasionan como su nombre lo indica dentro del material que conforma la fibra óptica, compuesta principalmente de silicio o vidrio puro. Son pérdidas que no se pueden eliminar ya que dependen de su construcción, se produce cuando la luz absorbida por el material (vidrio), se encuentra

inicialmente en estado líquido y no sólido, que debido al calor causado durante el proceso de fabricación hace que se formen irregularidades muy pequeñas (impurezas), Dispersión de Rayleigh. Otro caso conocido como *difusión de Mie* es similar pero con zonas de mayor tamaño que el rayo incidente

1.12.2.2.1. Pérdidas por Dispersión Intermodal.

Conocida también como Dispersión Modal, este tipo de pérdidas se encuentran en las fibras ópticas Multimodo, se puede entender de mejor manera haciendo la siguiente analogía, expresada en la Figura.52, Si tres modos ingresan al mismo instante al transmisor los diferentes caminos que toman los haces de luz al llegar al receptor en instantes y ángulos diferentes, producen un ensanchamiento en el pulso al extremo del receptor.

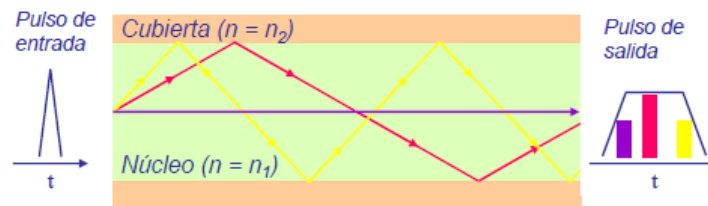


Figura 52. Dispersión Modal

Fuente: Características Básicas de la FO. (s.f) Recuperado de:

<http://www.uam.es/otros/masterfotonica/Documentacion/comunicaciones/tema-2.pdf>

Dónde:

- Modo 1(axial)
- Modo 2 (de orden menor)
- Modo 3 (de orden mayor)

1.12.2.2.2. Pérdidas por Dispersión Intramodal.

La luz emitida por un LED o un láser contienen longitudes de onda que varían ligeramente en el tiempo por viajar a distintas velocidades dentro de la fibra óptica, ocasionando efectos similares que la Dispersión Intermodal. Este efecto es denominado: "dispersión cromática". Figura.53.

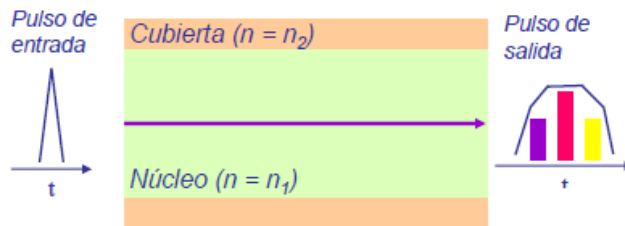


Figura 53. Dispersión Cromática

Fuente: Características Básicas de la FO. (s.f) Recuperado de:
<http://www.uam.es/otros/masterfotonica/Documentacion/comunicaciones/tema-2.pdf>

Dónde:

- λ_1 : Longitud de onda 1
- λ_2 : Longitud de onda 2
- λ_3 : Longitud de onda 3

1.12.2.3. Pérdidas Extrínsecas.

Las pérdidas extrínsecas se producen especialmente al momento de la instalación debido a las curvaturas que puedan existir en la instalación.

1.12.2.3.1. Pérdidas por Macro curvatura.

Se observan cuando al doblar demasiado la fibra óptica, provoca que el haz de luz que viaje por el núcleo se refracte, produciendo la pérdida de algunos modos por el revestimiento. Se puede prevenir estos inconvenientes una vez arreglado la curvatura, como se observa en la Figura.54.



Figura 54. Macro Curvatura.

Fuente: Fuente: Revista de la ITU-T. Tecnología de Comunicaciones Ópticas. Recuperado de:
<http://revistaonlineiutirla.files.wordpress.com/2010/01/generalidades-de-la-fibra-optica.pdf>

1.12.2.3.2. Pérdidas por Micro curvatura.

Se producen principalmente a cambios de temperatura y al momento de la instalación y tendido se presentan variaciones que provocan que el núcleo y el revestimiento no se distribuyan uniformemente a lo largo de la misma, Figura.55.

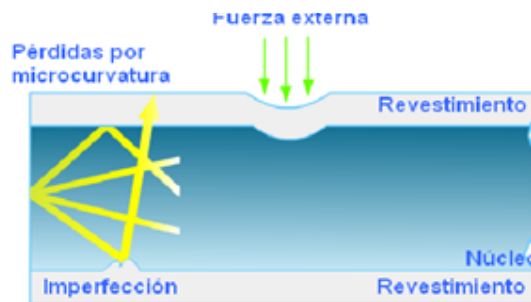


Figura 55. Pérdidas por Micro Curvatura

Fuente: Urueña, E. (2009). Comunicación con Fibra óptica. Recuperado de:
<http://edselenrique.wikispaces.com/file/view/Lecci%C3%B3n+2.pdf>

1.12.2.3.3. Pérdidas por tendido y envejecimiento.

Cuando se realiza la instalación, la fibra óptica puede ser sometida a los agentes climáticos y a ciertas pérdidas provocadas por el tendido disminuyendo el tiempo de vida útil.

1.12.3. Modos de Transmisión.

De acuerdo al número de modos la fibra óptica se clasifica de la siguiente manera:

1.12.3.1. Multimodo.

Las principales características de la fibra MM³¹ es que los haces de luz tienen la capacidad de viajar a diferentes direcciones debido al diámetro del núcleo, que

³¹ MM: siglas correspondientes a la denominación Multi- Modo

oscila entre los 50 y 100 μm . y la variación entre los índices de refracción en su núcleo y revestimiento, como se indica en la Figura.56.

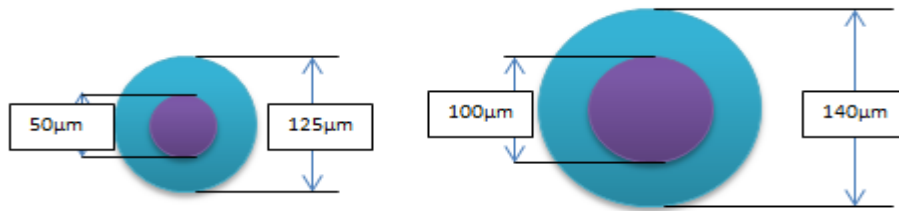


Figura 56. Diámetro del núcleo y Revestimiento

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

1.12.3.1.1. Multimodo de Índice Escalonado abrupto

En este tipo de fibra se observa que el índice de refracción del núcleo es constante y mayor que su revestimiento. El paso desde el núcleo hasta el revestimiento presenta una variación drástica en los índices de refracción. Los rayos de luz viajan a diferentes direcciones dentro del núcleo, lo que provoca un ensanchamiento de la señal dependiendo del ángulo de incidencia conocido como *dispersión modal*, Figura.57.

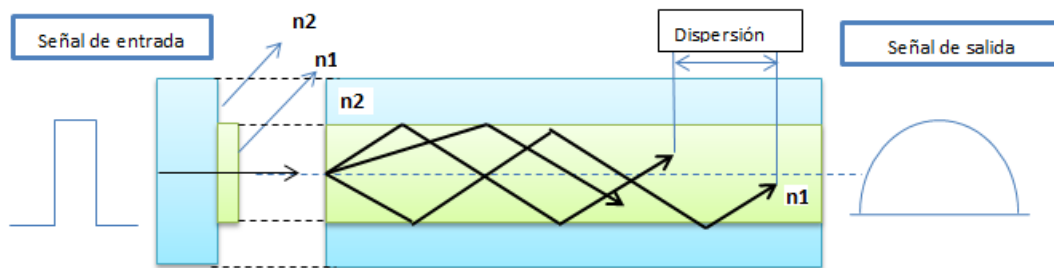


Figura 57. Índice Escalonado

Fuente: Wayne, T. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. (2ª ed.). México: Prentice Hall.

1.12.3.1.2. Multimodo Índice Gradual (Recomendación G.651³²)

El valor del índice de refracción en el núcleo varía en forma parabólica desde el centro hacia afuera, viajando lentamente en el núcleo y de forma rápida en el

³² ITU-T G.651: Características de un cable de fibra óptica Multimodo de índice gradual según la UIT-T

extremo. El valor de n_2 se presenta constante a lo largo del diámetro de la fibra, mientras que el valor de n_1 decrece del centro hacia el revestimiento, Figura.58.

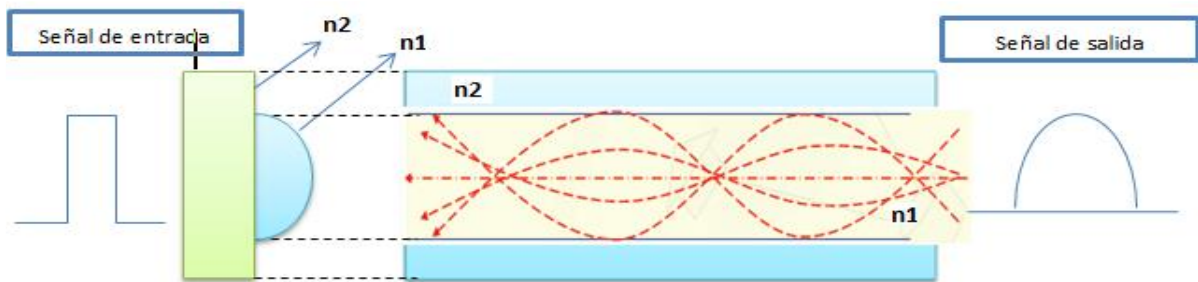


Figura 58. Índice Gradual

Fuente: Wayne, T. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. (2ª ed.). México: Prentice Hall.

1.12.3.2. Monomodo.

Las fibras ópticas del tipo SM³³, vistas en la Figura.59, presentan características muy diferentes a las anteriores debido a que el diámetro de su núcleo es más pequeño, ocasionando que ingrese un solo modo o haz de luz, cuya particularidad hace que se cubran distancias superiores a las anteriores.



Figura 59. Rayo que se propaga en Fibra Óptica Monomodo

Fuente: Paredes, J. (2004). Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones. Madrid: Prentice Hall.

1.12.3.2.1. Monomodo Estandar (SSMF³⁴)

Este tipo de fibras, tiene la característica de presentar bajas pérdidas por atenuación, alrededor de los 1310nm y dispersión cromática nula, también da la posibilidad de trabajar en los 1550nm, que si bien el valor de dispersión cromática varía. Su principal característica es eliminar el pico de absorción de OH, permitiendo utilizar sistemas multicanal WDM.

³³ **SM (Single-mode):** siglas correspondientes a la denominación monomodo

³⁴ **SSMF:** Standard Single-Mode Fiber: siglas referidas a la fibra optica monomodo estandar.

1.12.3.2.2. Monomodo de dispersión Desplazada (DSF³⁵)

Como su nombre lo indica este tipo de fibras permiten desplazar su longitud de onda de dispersión nula, a los 1550nm. Que, si bien pueden operar con longitudes de onda de 1310 nm, las pérdidas por atenuación pueden aumentar considerablemente. Se concluye que la fibra DSF, basadas en la Recomendación G.653³⁶, puede ocasionar el fenómeno de FWM (Four Way Mixing)³⁷, debido a su baja dispersión.

1.12.3.2.3. Monomodo con Dispersión Desplazada no Nula (NZ-DSF³⁸)

Este tipo de fibra óptica, se basa en la Recomendación G.655³⁹, que a diferencia de la fibra óptica DSF, presenta valores de dispersión cromática menores, pero no nulos, y una mayor atenuación.

Las fibras NZ-DSF trabajan con longitudes de onda de 1530nm a 1565nm, en donde la dispersión cromática reduce la aparición de efectos no lineales, que como se explicó anteriormente son perjudiciales especialmente en sistemas WDM.

1.12.3.2.4. Pico de Absorción de Agua Nulo (ZWPF⁴⁰)

La nueva fibra óptica ZWPF o también conocida como LWP⁴¹ permite eliminar los problemas de las anteriores fibras ópticas en las que no se podía trabajar en las bandas E y S, como se indica en la Figura. 51, donde las atenuaciones por la absorción de moléculas de agua eran considerablemente altas. Las fibras ópticas ZWPF trabajan en longitudes de onda de 1260nm a 1625nm, Fibra óptica compensadora de dispersión (DCF⁴²).

³⁵ **DSF**: Dispersion Shifted Fiber: siglas referidas a la fibra óptica de Dispersión Desplazada

³⁶ **ITU-T G.653**: Características de un cable de fibra óptica Monomodo de Dispersión Desplazada según la UIT-T

³⁷ **FWM**: Mezcla de cuatro señales

³⁸ **NZ-DSF**: Dispersion Shifted Fiber: siglas referidas a la fibra óptica de Dispersión Desplazada no Nula

³⁹ **ITU-T G.655**: Características de un cable de fibra óptica Monomodo de Dispersión Desplazada no Nula.

⁴⁰ **ZWPF**: Zero Water Peak Fiber

⁴¹ **LWP**: Low Water Peak

⁴² **DCF**: Dispersion Compensating Fiber

1.12.3.2.5. Fibra Óptica Compensadora de Dispersión. (DCF⁴³)

Este tipo de fibra, se caracterizan por tener valores elevados y de signo contrario de dispersión cromática, del orden de -100ps/km-nm, al de la fibra de tipo Estándar. En base a la característica anterior se las utiliza para compensar los diferentes valores de dispersión cromática acumulada de un enlace óptico, con la particularidad de que siempre es necesario utilizar un amplificador a la salida de la transmisión.

1.12.3.2.6. Fibra óptica mantenedora de polarización (PMF⁴⁴)

En este tipo de fibra cada señal está formada por dos pulsos polarizados, los mismos que presentan diferentes propagaciones a lo largo de la fibra, (PMD⁴⁵), que se presentan en el proceso de fabricación para obtener un efecto birrefringente. Los valores específicos de cada tipo de fibra óptica se detallan en el Anexo A.3.

⁴³ **DCF:** Dispersion Compensating Fiber

⁴⁴ **PMF:** Polarization-Maintaining Fiber

⁴⁵ **PMD:** Dispersion por modo de polarización

CAPITULO II

Estudio y análisis de la situación actual de la red de nodos.

2. Estudio y Análisis de la Situación Actual de la red óptica de transmisión del GAD-I.

2.1. Introducción.

El impacto tecnológico en el desarrollo de nuevas políticas de provisión de servicios ha sido un factor importante en GAD-I, quien conjuntamente con sus filiales e instituciones estatales buscan la optimización y operatividad en sus recursos tecnológicos. Para ello el GAD-I trabaja en numerosos proyectos que buscan mejorar las aplicaciones y servicios que ofrecen dichas instituciones.

El principal objetivo en el desarrollo tecnológico del GAD-I e instituciones gubernamentales es obtener una integración de datos, voz y video que posibilite un mejor rendimiento en las comunicaciones para agilizar los procesos y servicios que brindan a la comunidad.

2.2. Antecedentes del GAD-I e instituciones gubernamentales que trabajan conjuntamente en los procesos y servicios ciudadanos.

2.2.1. Situación actual del GAD-I y sus entidades.

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, médicos y 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.

2.2.1.1. Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra.

Es la institución pública encargada de promover el desarrollo sostenible e integral del cantón Ibarra con la ejecución de proyectos sociales, culturales, ambientales y turísticos a corto, mediano y largo plazo, con orientación profesional capacitada para brindar altos niveles de calidad en los servicios entregados, tomando como factor importante la participación activa de la ciudadanía.

La Figura.60, muestra la distribución jerárquica del GAD-I, por departamentos, de acuerdo a los múltiples servicios que contribuyen al bienestar común de los usuarios y empleados.

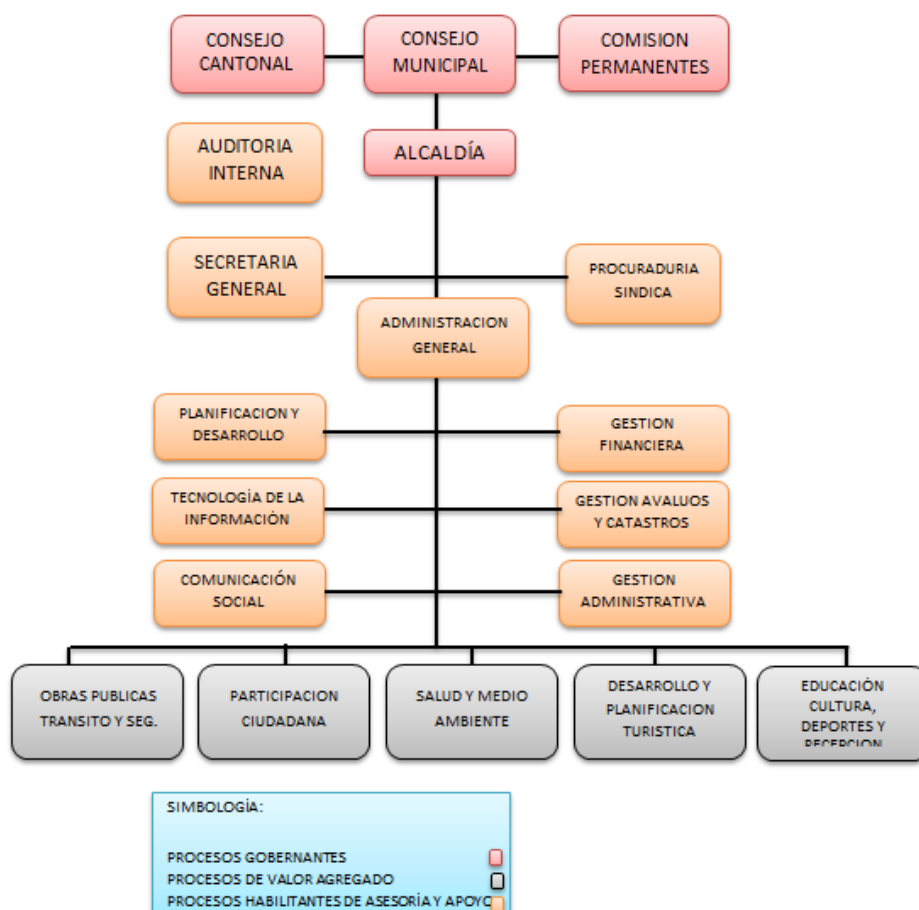


Figura 60. Descripción jerárquica del GAD-I.

Fuente: (s.f). Procesos administrativos GAD-I. **Recuperado de:** <http://ibarraenterate.gob.ec/index.php/organigrama>

El GAD-I, dentro de sus funciones regulares provee servicios administrativos y operativos a la ciudadanía del cantón, como se detalla a continuación:

(a) Servicios Establecidos:

- Construcción y mejoramiento de la infraestructura de transporte y edificación urbana, necesaria para la organización estructural del cantón.
- Realización de los diferentes informes que permitan, instalar, construir, adecuar, remodelar, restaurar, modificar y mantener los diferentes bienes.
- Limpieza, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos.
- Controlar, ejecutar y controlar que las instituciones públicas y los sitios destinados a espectáculos cumplan con todas las normas medidas de higiene y medio ambiente.
- Realizar procesos de vinculación con el estado que garantice el acceso libre a una educación de calidad, con énfasis en la pluriculturalidad y la inclusión, así como el diseño y ejecución de proyectos educativos.
- Realizar múltiples acciones que permitan un desarrollo sostenible de las actividades turísticas que se realicen en el cantón, con la ayuda de la comunidad, sectores privados y gobiernos locales.
- Seguridad pública, entre ellas policía metropolitana y de tránsito.

2.2.1.2.EMAPA-I

EMAPA-I, es la institución pública encargada de la distribución, producción, y comercialización de agua potable a todos los usuarios registrados en el cantón Ibarra, sean estos del tipo: residencial, comercial, industrial, sector público, beneficencia o educación, Adicional a ellos, realiza la prestación de servicios de alcantarillado para la evacuación de las aguas residuales y de lluvias, conjuntamente con la ampliación de la infraestructura sanitaria de todo el cantón y sus parroquias urbanas y rurales.

La Figura.61, muestra la distribución jerárquica de EMAPA-I, en base a los servicios que contribuyen al bienestar común de los usuarios y empleados.

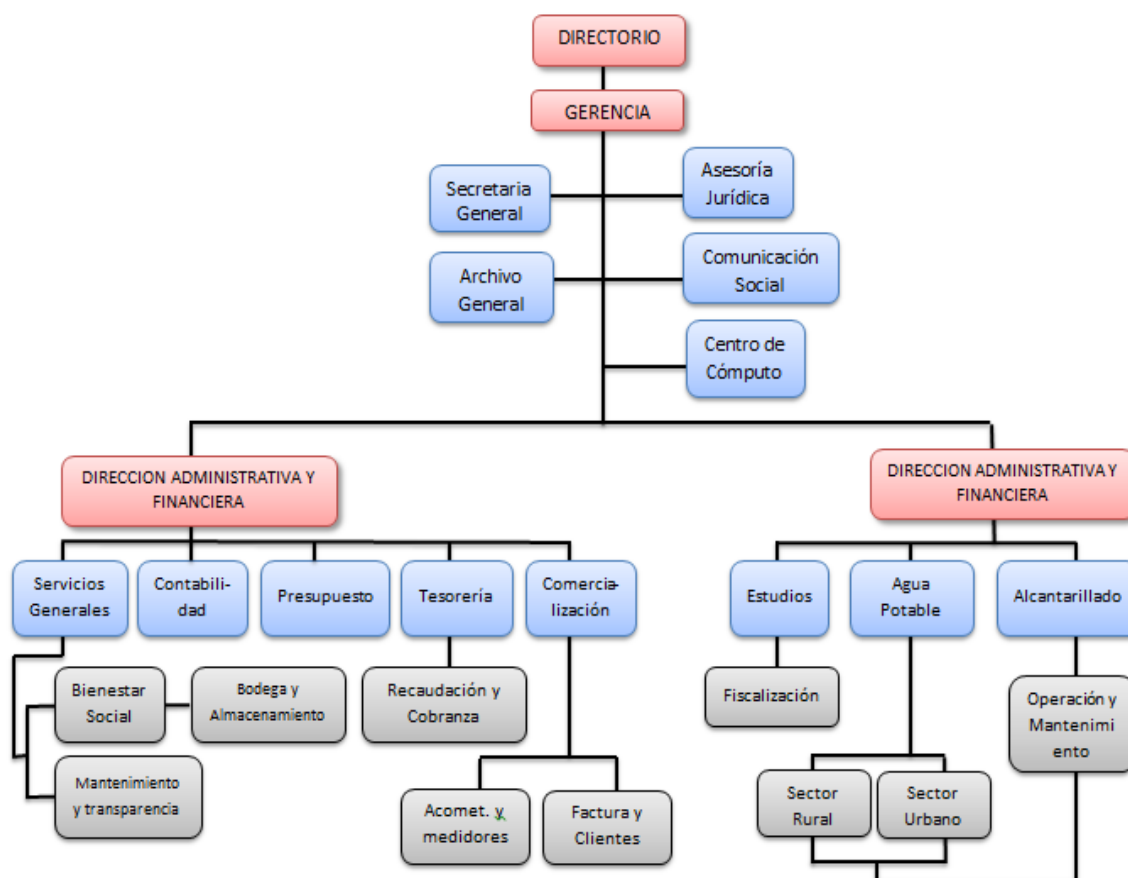


Figura 61. Procesos administrativos EMAPA-I.
 Recuperado de: http://www.emapaibarra.gob.ec/?page_id=1516

EMAPA-I, dentro de sus funciones regulares provee servicios administrativos y operativos a la ciudadanía del cantón, como se detalla a continuación:

(a) Servicios Establecidos:

- Realizar la distribución eficiente de agua pura a todo el sector urbano y rural del cantón de manera ininterrumpida.
- Distribuir los servicios de recolección y tratamiento de las aguas residuales.
- Ejecución e implementación de proyectos para garantizar la calidad, cobertura del agua, así como extender el sistema de alcantarillado para evitar inundaciones, por cualquier fallo del sistema.

- Actualización de cambios de acometidas y reubicación de medidores en los diferentes sectores del cantón.

2.2.1.3.EMELNORTE.

EMELNORTE, es una entidad pública encargada de distribuir y comercializar el servicio de energía eléctrica, al cantón Ibarra, siguiendo todos y cada uno de los estándares de calidad, que le permitan convertirse en una empresa que cumpla con todos los índices fijados por los organismos de control, con excelencia de categoría, seguido de un compromiso social y ambiental, Figura 62.

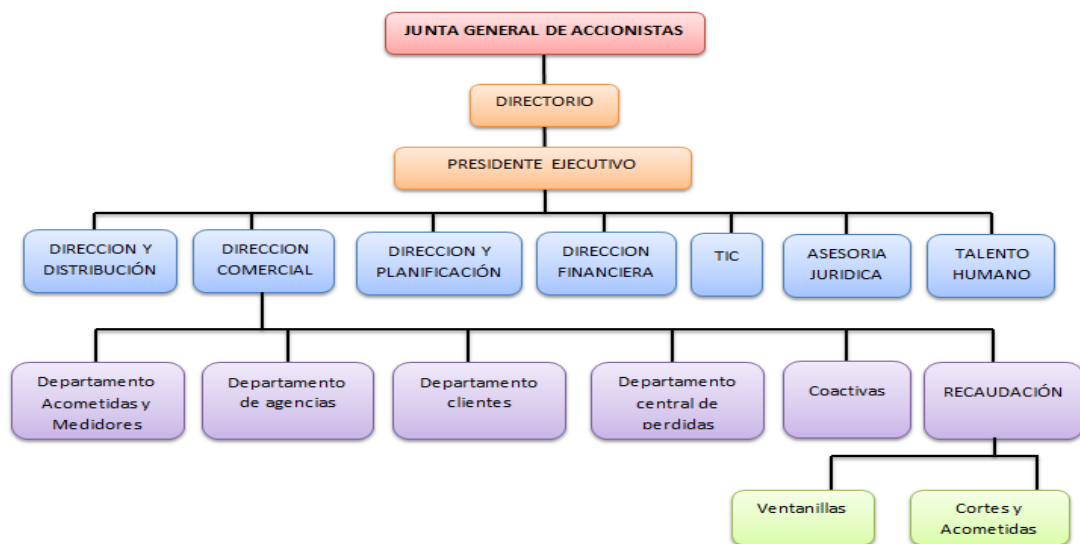


Figura 62. Procesos Administrativos.

Fuente: Ing. Flores. Responsable del Área Comercial

EMELNORTE, dentro de sus funciones regulares provee el servicio de facturación del consumo eléctrico residencial y empresarial.

2.2.1.4.Unidad de Seguridad Ciudadana Justicia y Policía, Comisaría Municipal de Higiene y la Comisaría Municipal de Construcciones.

Debido a la nueva ordenanza municipal el Patronato de Ibarra no se encuentra en funcionamiento. La Unidad de Seguridad Ciudadana, es una entidad que tiene por objetivo medidas de prevención en todo lo que se refiere a la seguridad de la

ciudadanía, así como la implantación y organización de medidas de seguridad pública, conjuntamente con instituciones municipales como el GAD-I.

La Comisaria Municipal de Higiene dentro de sus funciones, está la de controlar, el aseo de los mercados así como el chequeo de los precios en los mismos. En cuanto que la Comisaría de Construcciones, se encarga de todos los permisos de construcción de viviendas y todo lo referente a la ordenanza del Municipio.

2.2.1.5.Mercados Municipales (Santo Domingo y Amazonas).

Son entidades municipales encargadas de abastecer, diferentes clases de productos sean estos alimenticios, vestimenta y misceláneos hacia la ciudadanía

En su estructura de organización se detalla:

- **Sector Externo;** donde se encuentran, peluquerías, tiendas, zapaterías, sastrería, peluquerías y cabinas telefónicas.
- **Sector Interno:** donde se ubican una serie de comederos, así como la venta de diferentes tipos de carnes, lácteos y verduras.
- **Sector posterior:** venta de alimentos, leña y carbón, así como también parqueaderos.

Cabe señalar, que en el Mercado de Santo Domingo se encuentra ubicada la Biblioteca municipal, que brinda el servicio de consulta de libros de primaria, secundaria y universidades en forma gratuita. Además de contar con una Hemeroteca y Aula virtual

2.2.1.6.Estación Municipal del cuerpo Bomberos.

Es una institución encargada de prevenir y controlar incendios en toda la zona urbana y periferia del cantón, así como el rescate en zonas consideradas de riesgo, como: edificios, espacios confinados, vehículos. Además del control de toda clase de materiales peligrosos que se encuentren en industrias, organizaciones y

empresas, tanto públicas como privadas. Logrando así resguardar la vida y bienes de los ciudadanos, de manera eficiente y rápida, los 365 días del año, las 24 horas del día.

Dentro de la institución se cuenta con modernos equipos, como tanqueros, ambulancias y personal especializado, para el combate de los incidentes o emergencias que puedan suscitarse.

Los departamentos encargados de realizar todos los procesos administrativos se detallan en la siguiente, Figura 63:

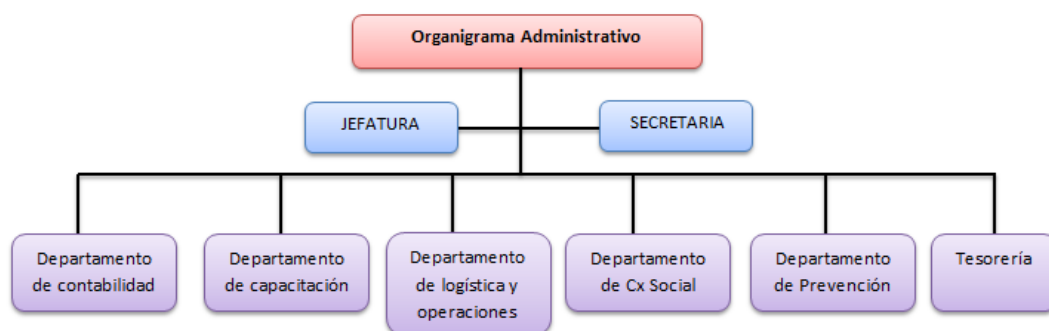


Figura 63. Organigrama Administrativo.

Fuente: <http://www.bomberosibarra.gob.ec/web/escuela-de-formacion>

Dentro de sus oficinas, se encuentra también el Sistema de SemafORIZACIÓN, cuya institución responsable son los Agentes Civiles de Transito municipales.

2.2.1.7.ECU-911.

El ECU-911 Ibarra es un centro de gestión que se encuentra formado por 4 provincias, en temas de gestión administrativa, sin embargo en el tema de la gestión de emergencias se lo realiza desde la provincia de Imbabura. El ECU-911 es la única zona que cuenta con 4 centros, debido a que se encuentra en una zona de frontera, en la costa con Esmeraldas, Sierra a Ibarra que es la cabecera de la zona y a Tulcán que es frontera, junto con Sucumbíos en la amazonia.

En el centro se articulan siete instituciones conformadas por: policía nacional, fuerzas armadas, agencia nacional de tránsito, secretaria de riesgos, bomberos, agentes civiles de tránsito, ministerio de salud pública.

2.2.2. Impacto del crecimiento poblacional sobre los servicios.

El GAD-I, como las diferentes filiales municipales y gubernamentales tiene como finalidad entregar servicios eficientes y de calidad a los habitantes del sector urbano y rural de la ciudad de Ibarra.



Figura 64. Cantón Ibarra.

Fuente: la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. Recuperado de:
<http://www.ame.gob.ec/>

El cantón Ibarra, cuenta con una área aproximada de 1.162.22 km², distribuida en dos zonas importantes de acuerdo al GAD-I, tal como se aprecia en la Figura 64:

- La **zona urbana** conformada por las parroquias de: San Francisco, El Sagrario, Caranqui, Alpachaca y Priorato.
- La **zona rural** conformada por las parroquias de: San Antonio, La Esperanza, Angochagua, Ambuquí, Salinas, La Carolina y Lita.

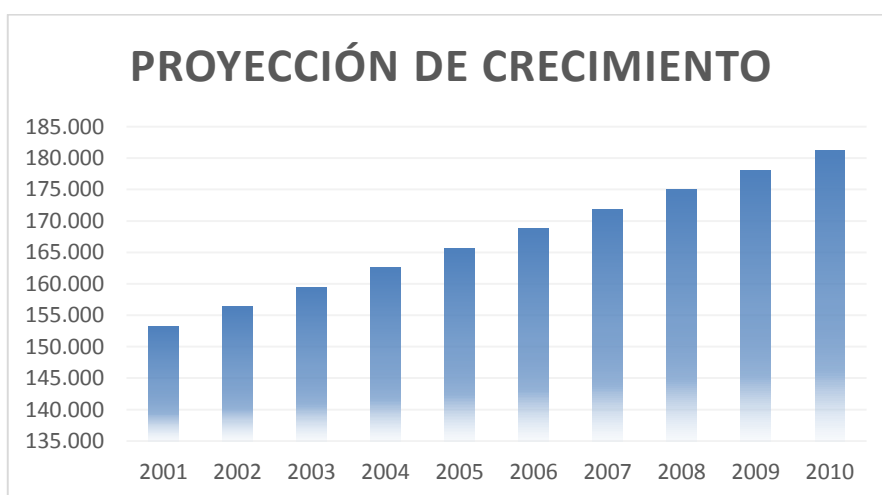
Por otra parte, esta distribución determina que en la zona urbana se encuentra el mayor número de habitantes, con un aproximado de 2.604 hab/km², mientras que en la zona rural es de 39,91 hab/km².

Al tomar en cuenta esta distribución, una consideración importante para la integración de servicios de valor agregado actual y futuro, es el crecimiento

progresivo de la población con una periodicidad de 10 años, según el INEC⁴⁶. Como se observa en la Tabla 13, el crecimiento poblacional del año 2001 al 2010, existe un aumento aproximado de 28232 habitantes en los últimos 10 años, con una tasa de crecimiento del 1.85%.

Tabla 13. Crecimiento poblacional 2001-2010.

Años	Crecimiento poblacional
2001	153.256
2002	156.091
2003	158.978
2004	161.919
2005	165.664
2006	168.659
2007	171.779
2008	174.956
2009	178.192
2010	181.488



Fuente: INEC. Estructura de la población. **Recuperado de:** <http://redatam.inec.gob.ec>

La Tabla.14, muestra la distribución por edades promedio de la población ya que dentro de las proyecciones a futuro, se determina a los usuarios activos que utilicen los diferentes servicios en las entidades municipales.

⁴⁶ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

Tabla 14. Distribución por edades 2001-2010.

Categoría	Año 2001:		Año 2010:	
	EDAD	Crecimiento Poblacional	EDAD	Crecimiento Poblacional
niños	0-12	49491	0-12	46111
adolescentes	13-18	15466	13-18	21890
adultos	19-65	76809	19-65	100132
tercera edad	66-111	11490	66-111	13042
TOTAL:		153256		181175

Fuente: INEC. Estructura de la población. **Recuperado de:** <http://redatam.inec.gob.ec>

Así como el número total de viviendas que poseen el servicio de alcantarillado y agua potable de la red pública y de otra procedencia como, pozos o vertientes, del año 2001 la Tabla 15 y la Tabla.16 correspondiente al año 2010:

Tabla 15, Distribución y Tipos de servicios básicos 2001.

Zona	Año 2001		TOTAL	PORCENTAJE:	
	Red Pública	Otros...		Red Pública	Otros...
Urbana	26593	1073	27666	96.12%	3.87%
Rural	7745	2754	10499	73.76%	26.23%
TOTAL	34338	3827	38165		

Fuente: INEC. Población y Viviendas. **Recuperado de:** <http://redatam.inec.gob.ec>

Tabla 16. Distribución y Tipos de servicios básicos 2010.

Zona	Año 2010		TOTAL	PORCENTAJE:	
	Red Pública	Otros...		Red Pública	Otros...
Urbana	34945	1991	36936	94.6%	5.39%
Rural	8138	2407	10545	77.74%	22.87%
TOTAL	43083	4398	47481		

Fuente: INEC. Población y Viviendas. **Recuperado de:** <http://redatam.inec.gob.ec>

El GAD-I y las filiales municipales no pueden ser ajenos a las proyecciones de crecimiento en población y servicios, más cuando los datos estadísticos reflejan un crecimiento paulatino de los mismos, información de vital importancia para garantizar la cobertura y continuidad de los servicios.

2.3. 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, permitiendo la transmisión de sistemas de video vigilancia distribuidos en diferentes puntos estratégicos considerados de riesgo.

2.3.1. Topología de red de Fibra Óptica existente entre las filiales del GAD-I.

Partiendo de la actual red de nodos con topología física lineal, entre el GAD-I, EMAPA, EMELNORTE, Unidad de Justicia, Mercado Santo Domingo y Mercado Amazonas, ubicados en las calles, Tabla.17:

Tabla 17. Calles con la ubicación de las entidades.

NODOS DE FO		
NODOS	DESCRIPCIÓN	Ubicación
Nodo	GAD-I	Calle Bolívar y García Moreno Av. Eugenio Espejo y Av. Pérez Guerrero
Nodo	Mercado Amazonas	Calle Bolívar y Colon
Nodo	Unidad de Justicia	Calle Bolívar y Pedro Moncayo
Nodo	Emapa	Calle Darío Egas y Obispo Pasquel Monje
Nodo	Empresa Municipal del Cuerpo de Bomberos	Calle Borrero y Chica Narváez
Nodo	Emelnorte	Calle Chica Narváez y Cristóbal de Troya
Nodo	Mercado Santo Domingo	Avenida Ricardo Ponce y Camilo Sánchez
Nodo	ECU-911	

Fuente: información obtenida del GAD-I.

Una vez establecido su ubicación, la Figura 65 indica la distribución física donde se encuentra distribuido el enlace hacia cada una de las instituciones, así como las distancias entre cada uno de sus nodos, Tabla.18:

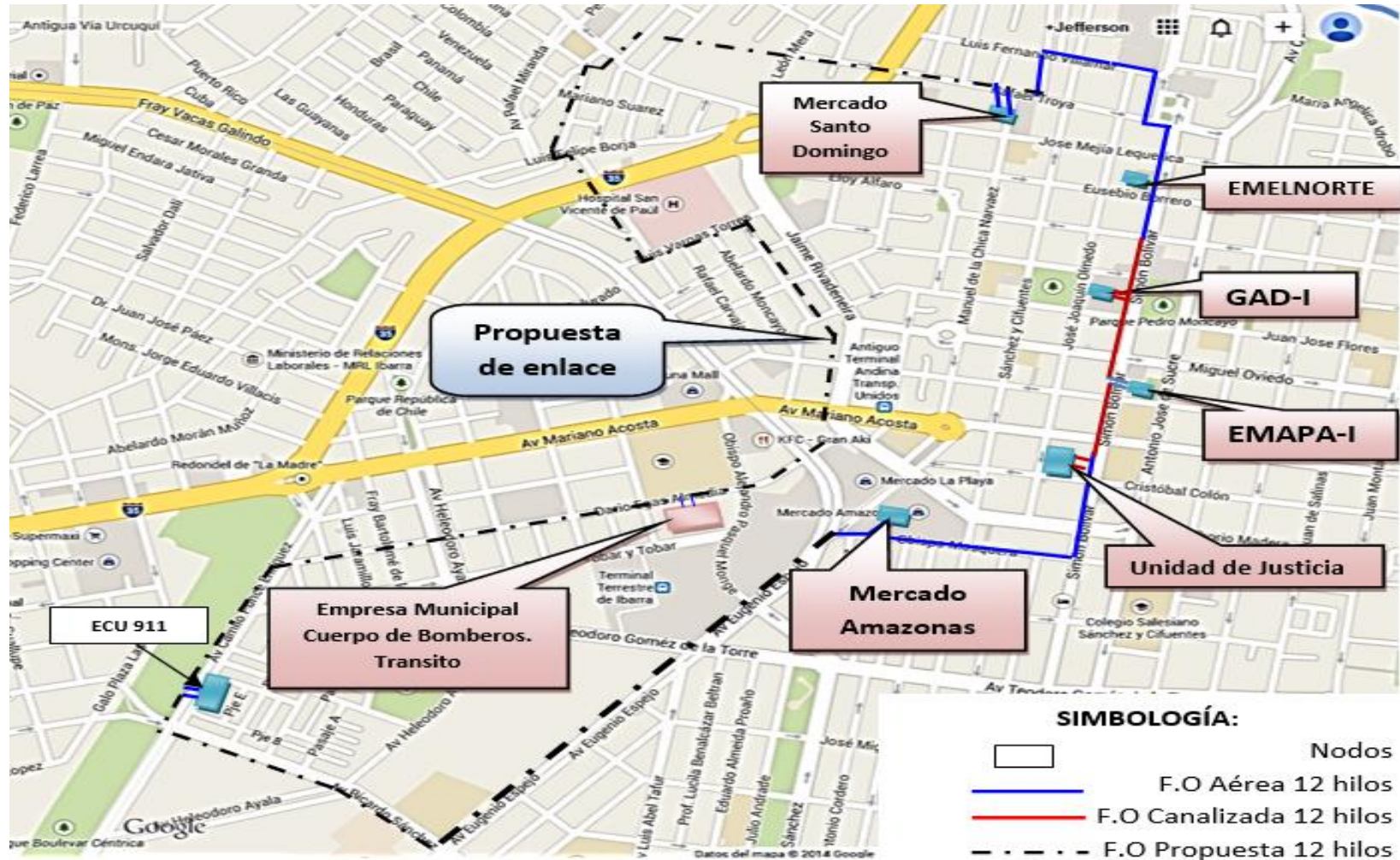


Figura 65. Distribución y ubicación de las entidades.

Fuente: Datos obtenidos del departamento de Sistemas del GAD-I. Entrevista con el Lic. Miguel Tobar Director de Hardware.

Si bien el Ecu-911, no forma parte de 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.

Tabla 18. Distancia entre nodos.

Nodos	Recorrido	Distancia fibra óptica aérea	Distancia fibra óptica canalizada	Total (m)
1-2	GAD-I – EMAPA	-----	342.13	342.13
2-3	EMAPA-I – Unidad de Justicia	115.4	130.6	246.38
3-4	Unidad de Justicia -Mercado Amazonas	546.55	-----	546.55
4-5	Mercado Amazonas - Ecu 911	2955.80	-----	2955.80
5-6	Ecu 911 - Empresa Municipal Bomberos x7	960	1052	2012
6-7	Empresa Municipal Bomberos x7 - Mercado Sto. Domingo	2752.42	-----	2757.42
7-8	Mercado Santo Domingo – EMELNORTE	342.78	-----	342.78
8-1	EMELNORTE – GAD-I	557.14	-----	557.14

Fuente: Portal de compras públicas del GAD-I. **Recuperado de:** <http://www.ibarra.gob.ec/>

Actualmente la red de fibra óptica presenta una topología lineal, sin embargo el GAD-I dispone de otros sub anillos metropolitanos de fibra óptica utilizados para el transporte de las cámaras de control de tránsito y que tienen una gran disponibilidad, por lo cual se propone realizar un sangrado⁴⁷ en estos anillos con el fin de generar una topología física en anillo, que permita unir los nodos 4 a 5, 5 a 6 y 6 a 7. Esto ayudara de forma eficiente a utilizar los servicios con sistemas de protección en anillos que hagan la red más robusta e inmune a cortes. En la

⁴⁷ Realizar una derivación en la Fibra óptica para integrar con otro nodo.

Tabla 19, se indican los enlaces físicos y la disponibilidad en hilos de fibra oscura.

Tabla 19. Disponibilidad del enlace de Fibra Óptica.

Enlace	Hilos Totales	Hilos a utilizar	Hilos disponibles
1-2	12	2	10
2-3	12	2	10
3-4	12	2	10
4-5	12	2	10
5-6	12	2	10
6-7	12	2	10
7-8	12	2	10
8-1	12	2	10

Fuente: entrevista: Lic. Miguel Tobar Director de Hardware.

Finalmente se debe considerar que el GAD-I presenta un gran porcentaje de tendido aéreo en sus redes de fibra óptica lo que le hace muy propenso a los cortes por causas externas, accidentes de tránsito, ambientes hostiles, inclusive vandalismo.

2.3.1.1.Planta Externa del GAD-I.

El GAD-I presenta una infraestructura moderna en cuanto a la selección de fibra óptica, utilizando la recomendación UIT-T G.652.D, este tipo de fibra presenta numerosas ventajas tales como la disminución de la dispersión en la ventana de los 1310 nm y bajos niveles de atenuación por el ion hidroxilo en los 1383 nm, factores que permiten tener una mayor ventana de operación en aplicaciones que utilicen técnicas de multiplexación SDH y CWDM, optimizando su rendimiento desde la ventana de los 1260 nm a 1625nm. Todas estas características son consideradas en el enlace que une a cada una de las instituciones, donde su instalación y costos de inversion son justificados en distancias que no sobrepasen los 40 km, ya que para enlaces de mayor capacidad, se requiere que su comportamiento frente a la atenuación presente

mejores características operativas, en donde se recomienda la utilización de fibra óptica monomodo basada en la recomendación ITU G-655.

En el Anexo A.3 se detallan los valores característicos bajo la norma ITU G.652 de la fibra óptica monomodo. Al tratarse de la planta externa el tipo de tendido de fibra óptica presente a lo largo de los nodos es del tipo mixto⁴⁸.

En ciertos tramos la estructura del tendido es canalizada utilizando para ello pozos de revisión y bajantes tal como se puede apreciar en las siguientes, Figuras.66, donde los cables de fibra óptica, son instalados en la canalización del GAD-I convencional conformada por ductos PVC, donde la fibra óptica ADSS del GAD-I es introducida mediante el uso de tapones bifurcados y tapones guía, encargados de fijar la fibra óptica.



Figura 66. Pozos de revisión en el nodo de la Unidad de justicia.

Fuente: Calles Cristóbal Colon y Simón Bolívar.

En aquellos ductos donde no se encuentra instalado ningún tipo de cable, los orificios son cerrados con tapones que protegen el ducto de humedad, roedores y posibles factores adicionales que obstaculicen el libre paso de futuros cables, en la siguiente imagen se aprecia un pozo de revisión en detalle, Figura.67.

⁴⁸ Canalizado y aéreo.

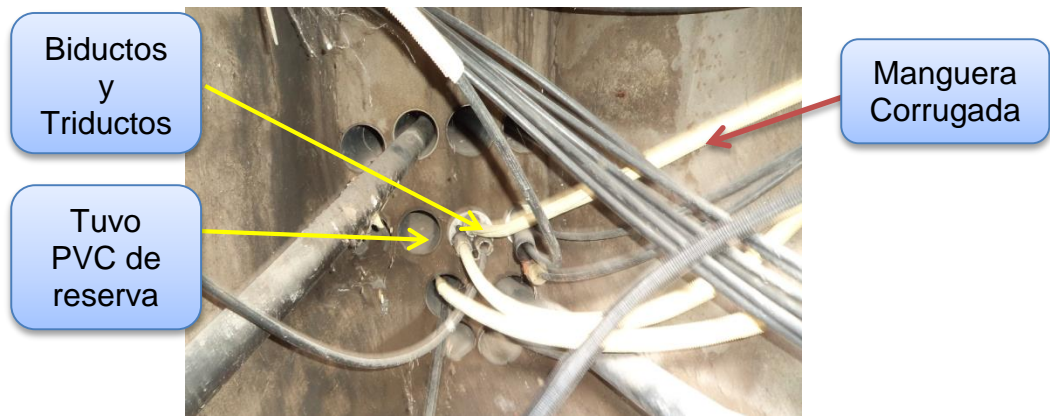


Figura 67. Accesorios de identificación y protección del cable de fibra óptica. Fuente: Calle Bolívar y Colon

El cambio del tendido subterráneo a aéreo, se indica en el nodo del GAD-I, como se indica en la siguiente Figura 68:



Figura 68. Cambio de subterráneo a aéreo. Fuente: Calle Bolívar y García Moreno

Por otro lado, en determinados tramos existe tendido de fibra bajo la norma ADSS las recomendaciones expuestas por la Empresa Eléctrica en base al tendido de cables de telecomunicaciones sobre postes de mediana y baja tensión. En la siguiente Figura 69, se observa el cable de fibra óptica del GAD-I, instalada después de las líneas de baja y media tensión y los cables de televisión.



Figura 69. Tendido de las diferentes redes en los postes.
Fuente: Calles Fernando Villamar y José Joaquín de Olmedo.

Para el caso de los tramos donde se unen los tendidos aéreo y canalizado, se utiliza las bajantes que permiten de forma segura llevar la fibra óptica del poste hacia el pozo de revisión, estas bajantes están compuestas de tubos galvanizados que protegen el cable de fibra óptica de una libre manipulación. A continuación se muestra imágenes de lo expuesto en la Figura 70:

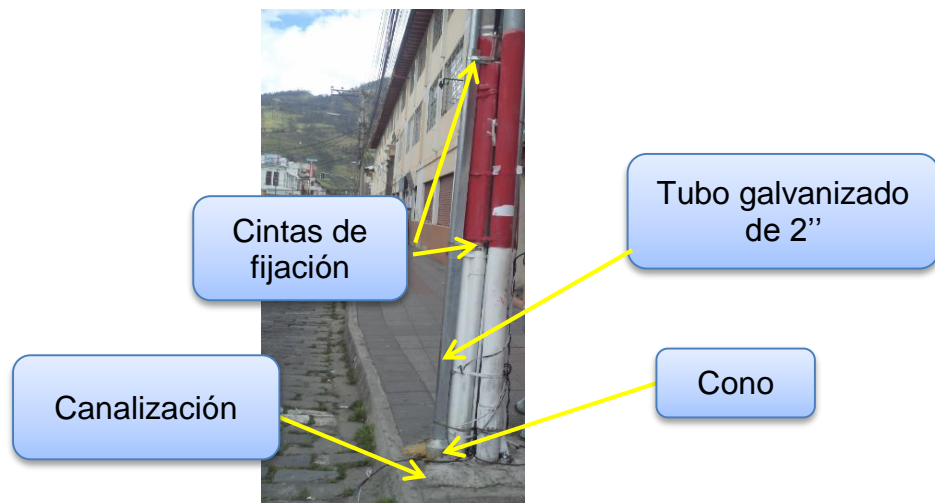


Figura 70. Subida a poste de Fibra óptica.
Fuente: Calle: Miguel Oviedo y Simón Bolívar.

Para el tendido aéreo se cumple el uso de herrajes de retención (tipo A) y de paso (tipo B) que garantizan una normal sujeción en la fibra en el poste tal como se aprecia en la siguiente Figura 71.

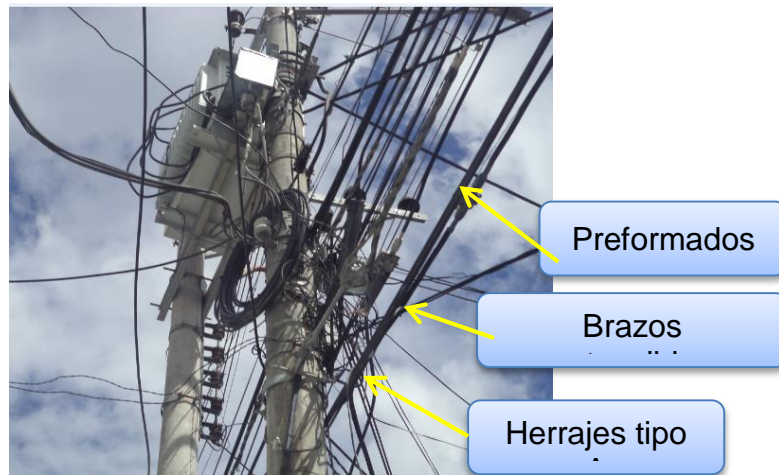


Figura 71. Herraje de paso o suspensión.

Calle: Manuel de la Chica Narváez y Borrero.

En el caso de los herrajes de suspensión se colocan solo en tramos rectos donde no es necesario que la fibra tenga ángulos de inclinación.

El GAD-I conservando la normativa del tendido aéreo establece reservas de fibra óptica para posibles eventos o siniestros que puedan afectar al tramo tendido. Figura 72.

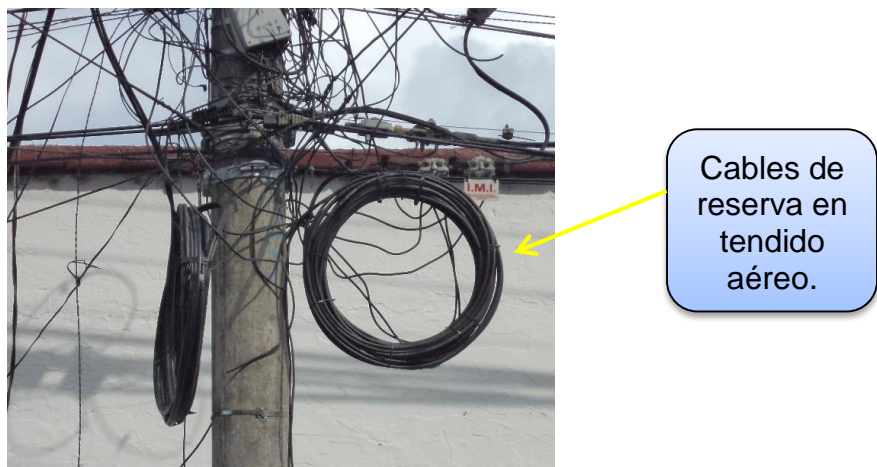


Figura 72. Reservas de cable de Fibra óptica.

Calle: Calle Simón Bolívar y German Grijalva.



Figura 73. Tendido aéreo de la Unidad de Justicia. Mercado Amazonas, Empresa Municipal del Cuerpo de Bomberos hacia el Ecu 911. Calle Darío Egas y Obispo Pasquel Monje

Para una mejor comprensión, sobre los requerimientos y las formas de tendido que se realizan a lo largo de la zona urbana, el Anexo B, describe a cada una de las consideraciones necesarias para el tendido de fibra óptica en la zona urbana.

2.1.1.1.Red de Comunicación implementada en el GAD-I.

La estructura de telecomunicaciones que actualmente se encuentra funcionando en el GAD-I es una red Fast Ethernet sobre un canal de transmisión de 1Gbps óptica en topología lineal formada por Switches y Routers CISCO que proporcionan la concentración y transporte del sistema de video vigilancia implementadas en las cercanías de los edificios del GAD-I, EMAPA, Unidad de Seguridad Ciudadana Justicia y Policía, Comisaría Municipal de Higiene y la Comisaría Municipal de Construcciones, Mercado Amazonas y Mercado Santo Domingo. El tráfico generado por estas cámaras es trasladado a un concentrador de video instalado en el GAD-I, quien se encarga del monitoreo del mismo. Cabe indicar que actualmente esta red no presenta ningún tipo de protección en el sistema de transmisión, haciéndola vulnerable ante factores funcionales de los dispositivos o casos de siniestros en las estructuras físicas de cada filial. En la siguiente Figura 74 se aprecia la estructura física mencionada.

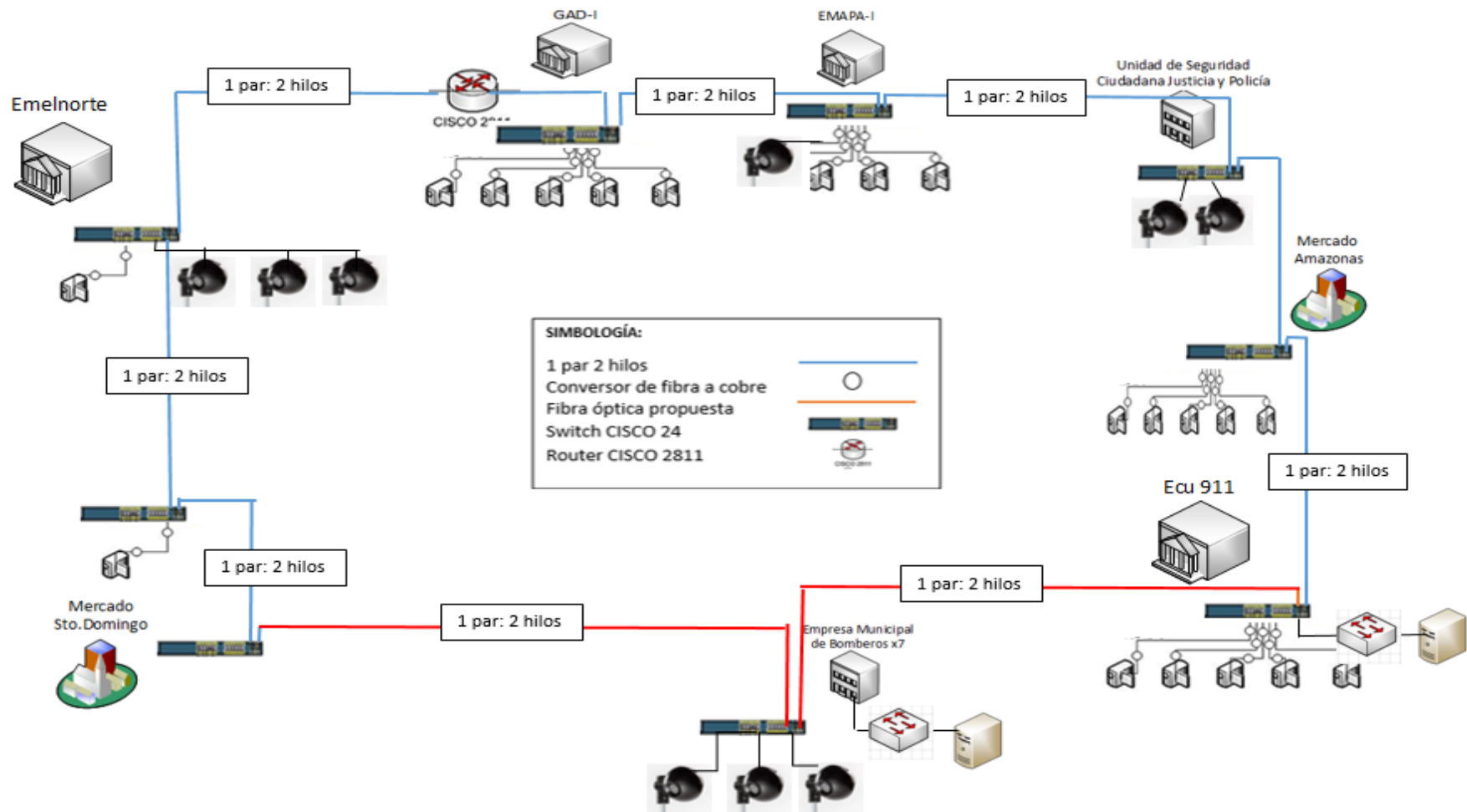


Figura 74. Situación Actual del enlace de FO del GAD-I.

Fuente: Departamento de Sistemas

Acorde al levantamiento de información sobre la estructura de red implementada, los elementos de red utilizados pertenecen a la familia CISCO. Para el caso del GAD-I, se encuentra instalado un Router CISCO 2811, Figura 75, y un Switch Catalyst C2960-24TC-L, para el resto de las filiales, únicamente se encuentra instalado un Switch Catalyst C2960-24TC-L, Figura 76, a continuación analizamos algunos detalles importantes de este equipamiento.

- **Router CISCO 2811.**



Figura 75. Router Cisco 2811 y Características principales.

Tabla: Características del Router CISCO 2811.

Interfaces/Puertos	2 x RJ-45 10/100Base-TX 10/100Base-TX LAN
Protocolos Soportados	TCP/IP - SNMP v3
Expansiones E/S para interfaces WAN	(2 Total) AIM (4 Total) HWIC (1 Total) NME (2 Total) PVDM
Protocolos de red compatibles	ACL, ARP, DiffServ, IGMP, IP, RADIUS, SSH, TCP, UDP, DHCP, TFTP
Túneles VPN Soportados	1500 VPN con módulos AIM-EPII-PLUS

Fuente: Datasheet Cisco 2811

En la siguiente Tabla 20, se especifica sus principales características:

- **Switch Catalyst C2960-24TC-L**



Figura 76. Switch Catalyst C2960-24TC-L

Tabla 20. Características del Switch Cisco 2960.

Capacidad de conmutación	32 Gbps
Tasa de transferencia (máx)	1 Gbps
Tasas de transferencia soportadas	20 Puertos x 10/100/1000 Mbps 4 Puerto Multi propósito de 1000 Mbps
Protocolos de red compatibles	ACL, ARP, DiffServ, IGMP, IP, RADIUS, SSH, TCP, UDP, DHCP, TFTP
Protocolo de transmisión de datos	Ethernet, Fast Ethernet
Tabla de direcciones MAC	8000 entradas
Propiedades de RED	DHCP, servidor Ruteo de IP Jumbo Frames, soporte

Fuente. Datasheet Cisco Catalyst 2960G-24TC-L.

2.2. Servicios entregados en el GAD-I y las entidades municipales.

Como se mencionó anteriormente el GAD-I únicamente integra el sistema de video vigilancia en su red de fibra óptica implementada. Con el fin de obtener una mayor rentabilidad y operatividad en el uso de los recursos existentes, se pretende la incorporación de servicios adicionales en voz y datos, para que incrementar la eficiencia y optimizar las actividades regulares que se realizan en estas instituciones, para ello se analizará las plataformas existentes y los recursos que se compartirán entre ellas.

Al no contar con una red de transmisión en datos, voz y video, se ocasionan algunos inconvenientes a nivel operativo, entre el GAD-I y las instituciones municipales. Se enumeran las principales:

- Falta de coordinación entre las instituciones, sobre las acciones que se realizan dentro de la ciudad.
- Problemas en el manejo de datos administrativos, financieros y contables entre instituciones.
- Costo adicional en el consumo de llamadas por teléfono convencional o celular, debido a que no existe otro medio disponible.
- Desconocimiento sobre las diferentes obras realizadas en cada una de las instituciones. Ejemplo:
- Apertura de aceras, adoquinado de calles, desconexión de alumbrado público.
- Falta de planes de ordenamiento entre los Mercados Municipales.

Una vez que se establece la forma de integrar los diferentes servicios a través de un canal de comunicación dedicado, se pueden obtener los siguientes beneficios:

- Ahorro en el tiempo de respuesta al ciudadano que solicita un determinado servicio, además de no tener que movilizarse para realizar el pago del servicio.
- Poder tener una disminución de costo telefónico, ya que se evitaría que las instituciones establezcan la comunicación a través de la PSTN.
- Mayor efectividad en el uso de los recursos.
- Aumentar el número de planillas recaudadas.

2.2.1. Centrales Telefónicas.

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 de CNT EP que

permite la comunicación de voz fuera de cada institución. A continuación se analiza el tipo de central y las características principales en cada filial.

2.2.1.1. Central GAD-I.

El GAD-I posee una central telefónica analógica NITSUKO modelo TX Series NXE-2464 MTX, este es un sistema modular que permite el acceso de 12 a 24 líneas externas a través de un sistema PBX (Private Branch Exchange) y presenta una derivación de 24 a 64 extensiones. En la siguiente Figura 77, se muestra la central existente.

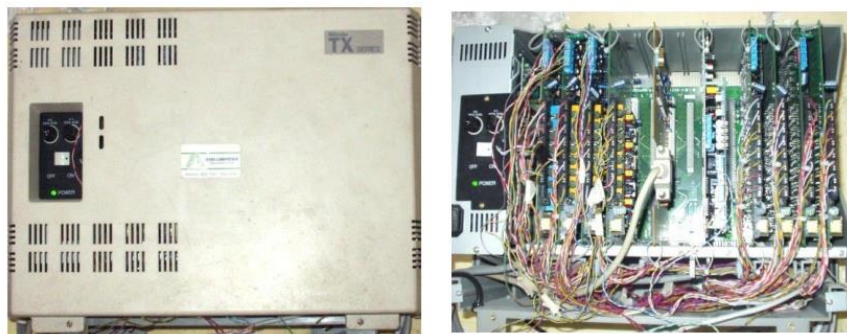


Figura 77. Central analógica NITSUKO modelo TX Series NXE-2464.

Fuente: central del GAD-I.

➤ **Características Principales.**

- Consta de una area extensible tipo slots que le permite expandirse hasta una capacidad total para 24 líneas y 64 extensiones telefónicas.
- Se compone de una fuente de poder modelo NX-E2464, de 12 líneas externas y 24 del tipo híbridas.
- Tiene registro de llamadas SMDR (Station Message Detail Recording).
- Con el uso de una programación simple se pueden realizar avanzadas características como: Abreviated Dial (Marcacion abreviada), repetición de marcado, llamadas del tipo conferencia y paginación.

- Una de las características principales de esta central es que se pueden tener texto en la pantalla de los teléfonos.
- Posee el servicio de PBX, intercambio de Sección privada.
- El software de programación se compone de 72 programas que el usuario tiene apertura de configurar de acuerdo a los requerimientos que necesite la institución.

Debido al crecimiento de los recursos administrativos y operativos en la institución, el GAD-I está implementando un Servidor de VoIP con software Elastix, con acceso externo a CNT a través de un sistema troncalizado de 20 canales SIP, para suplir las necesidades y requerimientos técnicos que deparan las actividades regulares de los empleados del Municipio del GAD-I, por el momento las funciones solo se realizan a nivel local.

Este software de código abierto se integra, en una interfaz simple y fácil de usar, las mejores herramientas disponibles para una central IP PBX basado en Asterisk. Entre otras ventajas Elastix ofrece confiabilidad, modularidad y robustez.



Figura 78. Logo Elastix.

Fuente: Portal web <http://www.elastix.org>

Algunas de las características de Elastix, Figura 78, son:

- Soporte para VIDEO. Se puede usar video llamadas con Elastix.
- Soporte para Virtualización. Es posible correr múltiples máquinas virtuales den Elastix sobre la misma caja.
- Soporte para softphones
- Interfaz Web que permite configuración gráfica de parámetros de red.
- Interfaz para Fax a email” para faxes entrantes. También se puede enviar algún documento digital a un número tarifas.
- Reportes de uso de recursos.
- Opciones para reiniciar/apagar remotamente.
- Reportes de llamadas entrantes/salientes y uso de canales.

- Módulo de correo de voz integrado.
- Interfaz Web para correo de voz.
- Módulo de panel operador integrado.
- Servidor de mensajería instantáneo (Openfire) integrado.
- Soporte Multi-lenguaje
- Servidor de correo integrado incluye soporte multi-dominio.
- Interfaz web para email. (PaloSanto Solutions, 2015, Manual del Usuario en Español (Beta) Elastix 0.9-alpha, recuperado de <http://www.elastix.org>).

A continuación se establece las principales características de las centrales telefónicas, de cada institución municipal, en forma general ya que en las consideraciones de diseño, el dimensionamiento de los canales de voz se los realizara en base a las necesidades de cada institución.

2.2.1.2. Central de EMAPA-I.

EMAPA posee una central telefónica IP ELASTIX modelo ELX-3000, este es un sistema compacto con slots PCI de expansión modular que permite el acceso de hasta 24 líneas analógicas (FXO/FXS) y posee accesos digitales en las jerarquías 4 E1/T1, adicional permite derivación de 250 extensiones. En la siguiente Figura 79, se muestra la central existente.



Figura 79. Central telefónica Elastix.

Fuente: central de EMAPA-I. **Recuperado de:** http://elastix.org/images/documentation/elx-a-flyer_esp.pdf.

➤ CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

- Soporte para Video-teléfonos.
- Servidor DHCP para asignación dinámica de IPS.
- Soporta protocolo SIP, IAX, H323, MGCP, SKINNY entre otros.
- Códec soportados: ADPCM, G.711, G.722, G.723.1 (passthrough), G.726, G.729 (si se compra licencia comercial), GSM, iLBC.
- Grabación de llamadas con Interface vía Web
- Voicemails con soporte para notificaciones por email
- Servidor de fax administrable.
- Servidor de Email con soporte multidominio
- Acceso interactivo desde el Web a la consola de Elastix®
- Servidor de mensajería instantánea basado en OpenFire

2.2.1.3. Central de Seguridad Ciudadana Justicia y Policía, Comisaría Municipal de Higiene y la Comisaría Municipal de Construcciones.

La Unidad de Seguridad Ciudadana Justicia y Policía, Comisaría Municipal de Higiene y la Comisaría Municipal de Construcciones posee una central telefónica digital NITSUKO modelo TX Series NXE-824 MTX, este es un sistema compacto que permite el acceso de 4 a 8 líneas externas de CNT EP a través de un sistema PBX (Private Branch Exchange) y presenta una derivación de 16 a 24 extensiones. En la siguiente Figura 80, se muestra la central existente.



Figura 80. Central de la Unidad de Justicia.

Fuente: central de la Unidad de Justicia.

2.2.1.4. Central telefónica de Mercado Amazonas y Santo Domingo.

Tanto el Mercado Amazonas como el Mercado Santo Domingo no cuentan con una central telefónica propia, únicamente el Mercado Amazonas cuenta con un número de CNT que se encuentra en el Departamento de Administración.

2.2.1.5. Central telefónica de EMELNORTE, Ecu-911.

Al igual que en el caso del GAD-I, tanto EMELNORTE, y la Central Ecu-911, cuentan con un servidor de VoIP con software Elastix, con características similares a los del GAD-I, debido a que se trata de un software de uso libre.

2.2.1.6. Central de Empresa Municipal del Cuerpo de Bomberos x7.

Dentro de la Unidad se cuenta con una central telefónica Avaya IP Office 400, como se indica en la Figura 81. Cuenta con 8 troncales asignadas y 4 Extensiones, hasta 384 Extensiones y 240 Líneas en un solo procesador, capaz de formar una red de comunicaciones con hasta 500 usuarios.



Figura 81. Central Telefónica Ip Office 400.

Empresa Municipal de Bomberos. Recuperado de <http://www.avaya.com/cala/producto/ip-office/>

Dentro de sus principales características se pueden enumerar, las siguientes:

- Marcación de Emergencia, desde cualquier extension, independientemente de las restricciones.

- Función de timbrado abreviado, se puede configurar una llamada entrante para que solo timbre una sola vez, con la finalidad de impedir que las llamadas entrantes lo distraigan.
- Mensajes de Texto de ausencia, este mensaje aparecerá en la pantalla de la llamada entrante.
- Selección de números permitidos y restringidos a ingresar a la central.
- Marcado automático.
- Regreso de llamada automático, cuando un número este ocupado la extensión lo llamara cuando esté libre de manera automática.
- Correo de voz automático

Como se indicó anteriormente dentro de los Bomberos se encuentra, también la Unidad Municipal de Tránsito y Transporte, en cuyas instalaciones no se cuenta con una central IP, ni un número de asignación de CNT.

2.2.2. Análisis de servicios de Datos específicos de cada Institución.

2.2.2.1. Servicios ofrecidos por el GAD-I.

En base a la investigación realizada en el GAD-I, se consideran aproximadamente 52 tipos de registros generados en los sistemas de recaudación, donde se realiza una Tabla estadística del registro con mayor índice de periodicidad, como es el Pago del Impuesto Predial, del año 2014:

Tabla 21. Servicios generados del GAD-I

MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
ADOQUINADO BEDE	3577	2692	3340	2979	2891	1747	1186	1151	1902
IMPUESTO PREDIAL RUSTICO	6422	3874	3231	2710	2386	1789	865	1276	1456
IMPUESTO PREDIO URBANO	8552	4943	3910	3231	2381	1512	656	1367	2897
TOTAL	18551	11509	10481	8920	7658	5048	2707	3794	6255

Fuente: Reportes de ventanillas mensuales del GAD-I

En la Figura 82, se muestra el índice total de registros realizados por mes en el GAD-I:

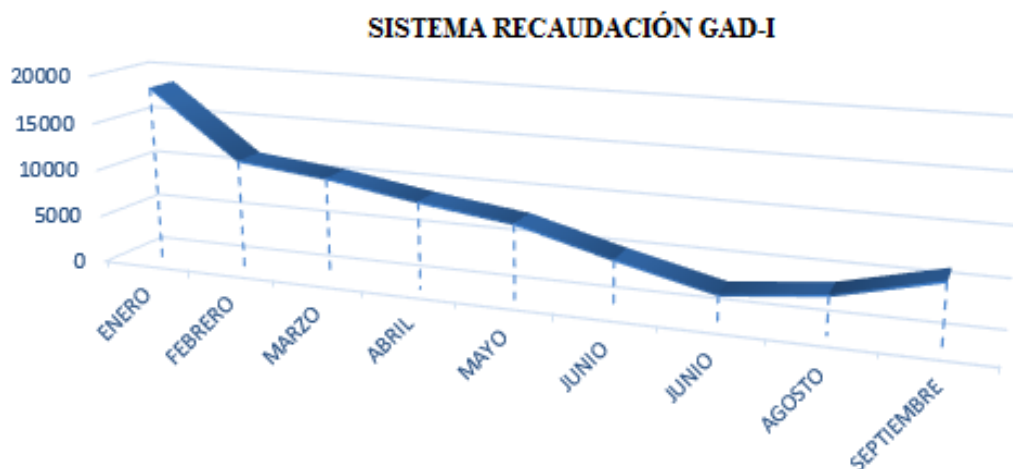


Figura 82. Registro mensual de ventanillas de recaudación.

Fuente: Reporte de la base de datos de GAD.

2.2.2.2. Servicios ofrecidos por EMAPA-I.

Los servicios ofrecidos en EMAPA principalmente radican en la facturación del consumo de Agua potable a todos los habitantes del cantón, por tal razón se presenta el siguiente reporte estadístico sobre los registros realizados en esta filial, como se indica en la siguiente Tabla 22:

Tabla 22. Reporte Mensual de ventanillas de EMAPA.

PAGO DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
LUNES	4411	4306	4107	5586	5088
MARTES	3572	3398	3165	3670	3619
MIERCOLES	2617	3650	3136	3172	3295
JUEVES	2449	2863	2454	2254	3186
VIERNES	1745	3271	2492	2201	2730

Fuente: registros de la Base de Datos de EMAPA.

En la siguiente Figura 83, se muestra el índice total de registros realizados por mes en EMAPA.

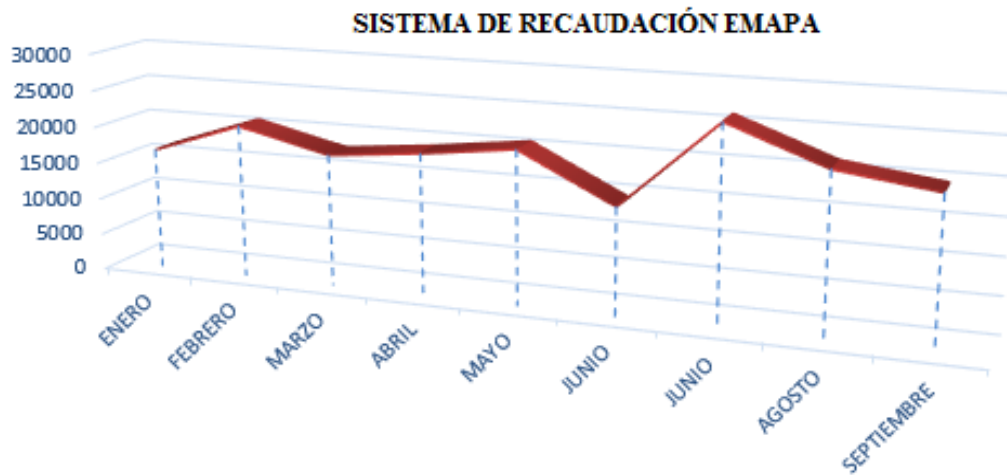


Figura 83. Registro mensual de ventanillas de recaudación.

Fuente: Reporte de la Base de Datos de EMAPA.

2.2.2.3. Servicios ofrecidos por EMELNORTE.

La principal función de EMELNORTE, es el cobro de las planillas del consumo eléctrico, que se realizan mensualmente. A continuación se realiza un cuadro estadístico con el nivel de consumo en las tres ventanillas de recaudación correspondientes, Tabla 23:

Tabla 23. Reporte mensual de ventanillas de cobro de EMELNORTE año 2014.

Recaudador	4	59	220
Fecha			
01/01/14	8474	11314	8093
01/02/14	6663	8960	3355
01/03/14	7241	10205	9873
01/04/14	7029	10313	1234
01/05/14	9846	14429	5170
01/06/14	8083	11448	5689
01/07/14	8368	12685	7257
01/08/14	7894	13138	4588

Fuente: Base de Datos de la EMELNORTE

En la siguiente Figura 84, se muestra el índice total de registros realizados por mes en EMAPA.

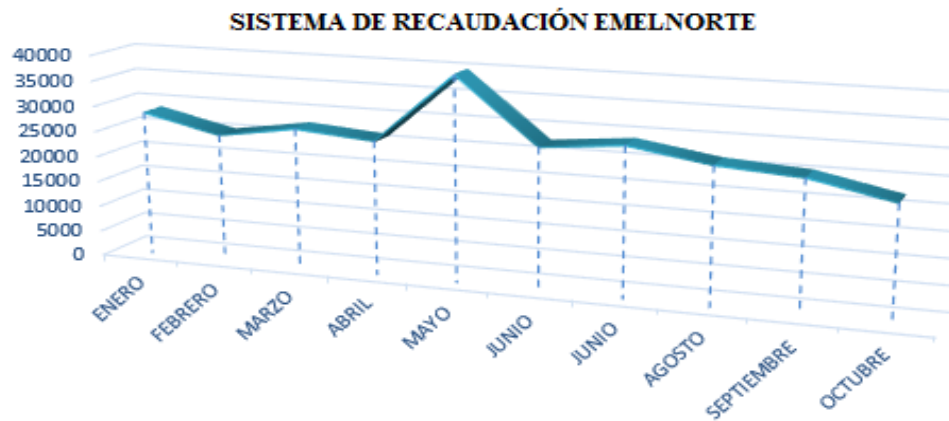


Figura 84. Registro mensual de ventanillas de recaudación.

Fuente: Reporte de la base de datos de EMELNORTE.

2.2.3. Servicios de video específicos.

2.2.3.1. Servicios de video vigilancia.

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 es el uso de los sistemas de video vigilancia, cuya descripción se detalla más adelante. Cabe señalar que por el momento no se dispone de datos reales sobre la afectación de los índices de delincuencia por el uso de estos mecanismos, sin embargo se realiza un seguimiento continuo de los impactos de este proyecto, en la reducción de diversos delitos, Tabla 24, como son:

Tabla 24. Clasificación de los delitos.

DELITOS	
• Asesinato	• Violación
• Agresión agravada	• Violación de domicilio
• Infracciones	• Hurto de vehículos
• Robo y hurto	• Ebriedad en publico
• Vandalismo	• Incendios

Fuente: <http://espanol.getlegal.com/legal-info-center/Clasificaciones-y-definiciones-de-los-delitos+>

Por tal razón se hace necesario el trabajo conjunto de las instituciones públicas y los organismos que se relacionan con la seguridad ciudadana. En Ibarra, el sistema de video vigilancia se fundamenta en la integración de varios tipos de cámaras de video, proyecto conocido como “Ojos Águila”, conformado por 19 cámaras operativas. Este sistema se encarga de almacenar imágenes en tiempo real en un servidor de gestión y monitoreo, permitiendo alertar y tomar evidencia sobre los incidentes efectuados en la zona de cobertura de estas cámaras.



Figura 85. Cámara Domo Axis.

Fuente: http://www.axis.com/es/files/datasheet/ds_q6032-e_50015_es_1301_lo.pdf

Este tipo de cámaras IP son del tipo Domo PTZ⁴⁹ (Pan -Tilt - Zoom) con movimiento universal y clasificación IP 66⁵⁰, que les permiten soportar impactos y actos vandálicos, además de ser muy resistentes a los agentes externos como la humedad, polvo, lluvia o las variaciones de temperatura presentes en el año. Poseen una capacidad de inclinación que va desde los 20° a 220°, logrando una visión de todo el objeto detectado y seguirlo con la opción de Gatekeeper activo. Por otro lado, durante el día este tipo de cámaras pueden transmitir imágenes a color y a medida que la luz disminuya activa la luz infrarroja, obteniendo imágenes

⁴⁹**Pan:** Movimiento Horizontal, **Tilt:** Movimiento vertical, **Zoom:** Acercamiento de la imagen-

⁵⁰ Código de Protección IP.

en blanco y negro. En la Figura 85, se observa su forma básica. A continuación se detallan las principales características de las cámaras, Tabla 25:

Tabla 25. Especificaciones técnicas de la cámara Axis IP.

CAMARA		
Modelo	AXIS Q6032-E	
Longitud focal	3.4 – 119 mm	
Zoom óptico	35x	
Condiciones de funcionamiento	-40° C a 50° C	
Tarjeta de lectura	SD, SDHC	
MEMORIA		
Memoria flash	128MB	
Memoria RAM	256MB	
SEGURIDAD		
Algoritmo de seguridad	802.1x RADIUS	
Cifrado	HTTPS	
Protección	Contraseña	
RED		
Conexión	Ethernet	
Protocolos admitidos	IPv4/v6, HTTP, HTTPS, SSL/TLS, QoS Layer 3 DiffServ, FTP, CIFS/SMB, SMTP, UPnP, SNMPv1/v2c/v3, DNS, DynDNS, NTP, RTSP, RTP, TCP, UDP, IGMP, RTCP, ICMP, DHCP, ARP, SOCKS	
Conectividad	Ethernet LAN (RJ 45)	
VIDEO		
Formato de visualización	Formato de Resolución	
	NTSC (píxeles)	PAL (píxeles)
	752 x 480	720 x 576
D1 ampliada	736 x 480	704 x 576
D1 media		
Velocidad de cuadro	30 fps	25 fps
Sensor de Imagen	CCD con barrido progresivo	
Formato de video compatible	Tasa de compresión	
H.264 (MPEG-4)	50 : 1 a 200 : 1	
Motion JPEG	10 : 1 a 50 : 1	

Fuente: http://www.axis.com/es/files/datasheet/ds_q6032-e_50015_es_1301_lo.pdf

Este sistema permite el monitoreo de zonas específicas, de la ciudad, preferentemente instituciones públicas, y bienes comunes de la ciudad (parques, coliseos, estadios), a continuación se indica la actividad en varias zonas de la ciudad, en la Figura 86.



Figura 86. Monitoreo del tráfico en el GAD-I.

Fuente: Monitoreo de las cámaras ubicadas en la calle Simón Bolívar y García Moreno, Calle Obispo Monge y Diego Egas.

2.2.3.2. Sistema de SemafORIZACIÓN

El proyecto “Sistema de SemafORIZACIÓN en la ciudad de Ibarra” permite establecer soluciones en tiempo real, en base a las condiciones de tráfico presentes en la ciudad, adicionalmente se determinó que en la actualidad 69 cámaras se encuentran distribuidas a lo largo de la ciudad, Figura 87:



Figura 87. Tráfico generado en la ciudad de Ibarra.

Fuente: Sistema de semafORIZACIÓN. Calle Bolívar y Pedro Moncayo

Se pretende obtener un monitoreo continuo en el ingreso y salida de la ciudad, con la ayuda de cámaras que se encuentren ubicadas en los diferentes semáforos a ser instalados en las principales intersecciones de la ciudad, con la posibilidad de cumplir con una serie de objetivos como:

La reducción de la congestión y los niveles de tráfico que se presenten, principalmente en horas pico, así como detectar más eficientemente un accidente

y realizar varias acciones de auxilio, que requieran de la ayuda de instituciones de seguridad o médicas e inclusive poner en intermitente el sistema de semáforos para prevenir los atascos y que el tráfico funcione normalmente.

En dicho proyecto se han utilizado las cámaras TrafiCam-x-Stream, como se indica en la Figura 88:



Figura 88. Cámara TrafiCam.

Fuente: <http://www.traficon.com/pagenode.jsp?id=6&type=ProductCategory>

A continuación se describen algunas de sus principales características:

- Detección de incidentes de FLIR ayudan a salvar vidas en los túneles y evitar accidentes secundarios, mediante la detección de humo, pérdida de carga, peatones y muchos otros eventos de tráfico muy rápido.
- Reducir retrasos innecesarios: controlar las luces de tráfico en favor de los peatones o hacer peatones más visibles en el tráfico. Con control dinámico semáforo y señal de advertencia de activación, usted puede hacer su intersección o paso de peatones más seguro y al mismo tiempo evitar retrasos innecesarios tanto a los peatones y automovilistas.
- Garantizar la seguridad durante las obras viales.
- Detección Automática de Incidentes: la gestión eficaz incidente depende enteramente de detección de incidentes rápido y verificación.
- Detección de peatones en la pista.

A continuación se detallan las principales características técnicas de las cámaras, Tabla 26:

Tabla 26. Especificaciones técnicas de la cámara TrafiCam x-stream.

Resumen Del Sistema	TrafiCam x-stream
Funcionalidades de detección	Presencia del vehículo + datos
Zonas de Detección #	24 zonas de presencia 4 zonas de datos
salidas de detección #	3 para las versiones de ETH, directa a través de interfaz opcional ETH 16 para las versiones de BPL, a través de BPL TI x-stream
Resolución	640x480 píxeles (VGA)
Cuadros por segundo	25 FPS
Tipo CMOS	1/4 "color
Compresión	MJPEG, MPEG-4, H.264 (doble flujo)
Parasol	Opcional
Dirección IP	Sí
Rango de temperatura	-34 ° C a + 80 ° C
Materiales	Resistente a la intemperie (rayos UV)
Grado de la protección	Vivienda = IP68, conectores = IP67

Fuente: datos del GAD-I. Recuperado de: <http://www.flir.co.uk/traffic/display/?id=61992>.

Tanto el sistema de video vigilancia como las cámaras ubicadas en los semáforos formarán parte del sistema Ecu 911 y tránsito, con el propósito de incrementar la cobertura de protección a lo largo de la ciudad y en todas las zonas de riesgo.

2.2.4. Análisis de servicio de voz específicos.

El dimensionamiento del servicio de voz entre instituciones, se realizara a través de un análisis sobre los diversos requerimientos que el GAD-I y las instituciones gubernamentales necesiten para comunicarse. Este proceso se realizara en el Capítulo III, a través de la creación de un sistema centralizado de voz, que permita obtener una mayor operatividad y flexibilidad a nivel de servicios.

2.3. Análisis de la Capacidad de transmisión por servicio.

Para establecer los diferentes requerimientos de ancho de banda necesarios para transmitir los datos de cada servicio, se necesitan conocer el tamaño del paquete (*bytes*). Una vez conocido este valor se realiza el proceso de encapsulación descrito en el Anexo G, que establece la adición de cabeceras de control por cada una de las capas presentes a nivel de red.

2.3.1. Servicios de Recaudación.

Para calcular la capacidad de cada uno de los servicios de recaudación generado por el GAD-I, EMAPA y EMELNORTE, se considera el tamaño promedio del registro almacenado en la Base de Datos, con la opción “Cobro del Impuesto Predial” del sistema de recaudación en el GAD-I, mientras que, tanto en Emelnorte y EMAPA-I se considera la opción “Pago de Facturación” del sistema de recaudación, los mismos que se basan en la Arquitectura Cliente-Servidor. Cabe señalar que la forma específica de calcular esta Capacidad se encuentra a detalle en el Anexo L.12.1.

Esta arquitectura tiene un proceso de intercambio de información, donde el cliente realiza una determinada consulta en base al tipo de servicio que el cliente le solicita (al servidor). Por su parte, el Servidor de Base de Datos responde a esa consulta y envía los registros hacia el sistema del cliente, tal como se muestra en la Figura 89:

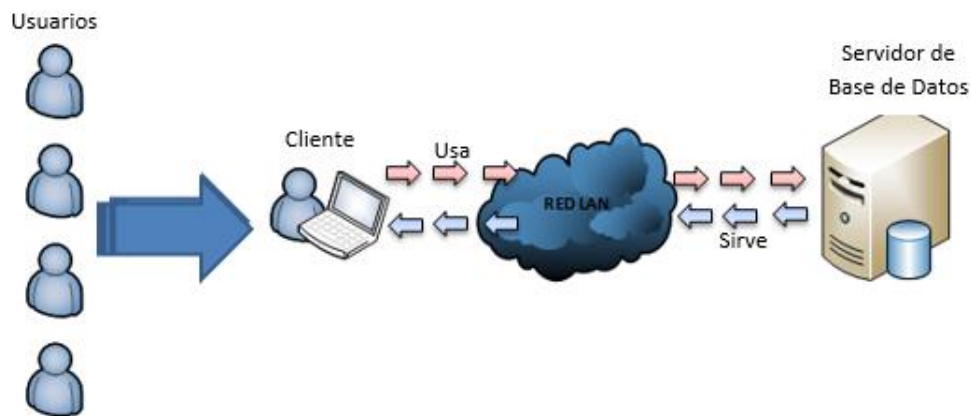


Figura 89. Arquitectura Cliente-Servidor.

Figura: Entrevista Ing. Manuel Lara & Ing. Andrea Rea del GAD-I. Analistas de software

2.3.1.1. Calculo de la Capacidad de transmisión del registro de GAD-I:

Tomando en consideración, el valor del registro de pago del impuesto predial generado cuando se realiza una consulta a la base de datos del GAD-I, se tiene un valor promedio de 8811bytes = 8.6KBytes.

A continuación, se calcula el número de tramas, enviadas a través de la red, con la Ec.1 del Anexo G:

$$No. \text{ tramas} = \frac{\text{tamaño del registro (bytes)}}{MSS \text{ Ethernet (bytes)}}$$

$$\text{tamaño del registro} = 8.6KBytes \times \frac{1024bytes}{1KByte}$$

$$\text{➤ tamaño del registro} = \mathbf{8811bytes}$$

$$MSS \text{ Ethernet} = MTU - \text{cabecera TCP} - \text{cabecera IPv4}$$

$$MSS \text{ Ethernet} = 1500 - 20 - 20$$

$$MSS \text{ Ethernet} = \mathbf{1460 \text{ bytes}}$$

- Al reemplazar los valores se obtiene:

$$No. \text{ tramas} = \frac{8811bytes}{1460bytes}$$

No. tramas = **6.03 tramas**

➤ **No. tramas reales = 7 tramas**

Tomando en cuenta el valor de *No. tramas reales*, se transmitirán un total de 6 tramas de 1460bytes y una trama restante (VRT) de 1328bytes, establecido por medio de la Ecuación 4:

$$(VRT) = 8811 \text{ bytes} - (6 \times 1460)$$

➤ **(VRT) = 51 bytes**

A continuación se realiza el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, en la siguiente Ecuación:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \text{No. tramas reales} \times \text{sobrecarga de encapsulamiento}$$

Donde:

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \text{cabecera capa enlace} + \text{cabecera TCP} + \text{cabecera IPv4}$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = 18 + 20 + 20.$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \mathbf{58 \text{ bytes}}$$

Reemplazando los datos se obtiene:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = 7 \times 58 \text{ bytes}$$

➤ **Sobrecarga total en la trama = 406 bytes**

Para finalizar se considera la *sobrecarga total en la trama*, más el tamaño total del registro, para obtener la Capacidad de transmisión total del registro, en la red:

$$\text{Cap.tx del registro} = \text{tamaño del registro} + \text{Sobrecarga total en la trama}$$

$$\text{Cap.tx del registro} = 8811 \text{ bytes} + 406 \text{ bytes}$$

$$\text{Cap.tx del registro} = 9217 \text{ bytes} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ Kbit}}{1024 \text{ bits}}$$

➤ **Cap.tx del registro = 72Kbps**

2.3.1.2. Cálculo de la Capacidad de transmisión del registro de EMAPA:

El valor del registro de “Pago de facturación” generado cuando se realiza una consulta a la base de datos de EMAPA-I, tiene un valor promedio de 12028bytes = 11.75KBytes. Se calcula el número de tramas, a transmitir a través de la red:

$$No. \text{ tramas} = \frac{\text{tamaño del registro (bytes)}}{MSS \text{ Ethernet (bytes)}}$$

$$\text{➤ tamaño del registro} = 12028 \text{ bytes}$$

$$MSS \text{ Ethernet} = MTU - \text{cabecera TCP} - \text{cabecera IPv4}$$

$$MSS \text{ Ethernet} = 1500 - 20 - 20$$

$$MSS \text{ Ethernet} = 1460 \text{ bytes}$$

- Al reemplazar los valores se obtiene:

$$No. \text{ tramas} = \frac{12028 \text{ bytes}}{1460 \text{ bytes}}$$

$$No. \text{ tramas} = 8.238 \text{ tramas}$$

$$\text{No. tramas reales} = 9 \text{ tramas}$$

Tomando en cuenta el valor de $No. \text{ tramas}_{reales}$, se transmitirán un total de 8 tramas de 1460bytes y una trama restante (VRT) de 348bytes.

$$(VRT) = 12028 \text{ bytes} - (8 \times 1460)$$

$$(VRT) = 348 \text{ bytes}$$

A continuación se realiza el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, en la siguiente Ecuación:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = No. \text{ tramas reales} \times \text{sobrecarga de encapsulamiento}$$

Donde:

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \text{cabecera capa enlace} + \text{cabecera TCP} + \text{cabecera IPv4}$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = 18 + 20 + 20.$$

Sobrecarga de encapsulamiento = 58 bytes

Entonces:

Sobrecarga total en la trama = 8 x 58 bytes

➤ **Sobrecarga total en la trama = 464 bytes**

Para finalizar se considera la sobrecarga total en la trama, más el tamaño total del registro, para obtener la Capacidad de transmisión total del registro, en la red:

Cap.tx del registro = tamaño del registro + Sobrecarga total en la trama

Cap.tx del registro = 12028 bytes + 464 bytes

Cap.tx del registro = 12492 bytes x $\frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}}$ x $\frac{1 \text{ Kbit}}{1024 \text{ bits}}$

➤ **Cap.tx del registro = 97.59kbps**

2.3.1.3. Calculo de la Capacidad de transmisión del registro de EMELNORTE:

El valor del registro de “Pago de facturación” generado cuando se realiza una consulta a la base de datos de EMELNORTE es de aproximadamente 7746bytes = 7.56KBytes. Se calcula el número de tramas, a transmitir a través de la red:

$$\text{No. tramas} = \frac{\text{tamaño del registro (bytes)}}{\text{MSS Ethernet(bytes)}}$$

tamaño del registro = 7746 bytes

MSS Ethernet = MTU – cabecera TCP – cabecera IPv4

MSS Ethernet = 1500 – 20 – 20

MSS Ethernet = 1460 bytes

- **Entonces:**

$$\text{No. tramas} = \frac{7746 \text{ bytes}}{1460 \text{ bytes}}$$

$$\text{No. tramas} = \mathbf{5.30 \text{ tramas}}$$

$$\mathbf{\text{No. tramas reales} = 6 \text{ tramas}}$$

Tomando en cuenta el valor de $\text{No. tramas}_{\text{reales}}$, se transmitirán un total de 5 tramas de 1460 bytes y una trama restante (VRT) de 446 bytes.

$$(\text{VRT}) = 7746 \text{ bytes} - (5 \times 1460)$$

$$(\text{VRT}) = \mathbf{446 \text{ bytes}}$$

A continuación se realiza el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, en la siguiente Ecuación:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \text{No. tramas reales} \times \text{sobrecarga de encapsulamiento}$$

Donde:

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \text{cabecera capa enlace} + \text{cabecera TCP} + \text{cabecera IPv4}$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = 18 + 20 + 20.$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \mathbf{58 \text{ bytes}}$$

Reemplazando los datos se obtiene:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = 6 \times 58 \text{ bytes}$$

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \mathbf{348 \text{ bytes}}$$

Para finalizar se considera la sobrecarga total en la trama, más el tamaño total del registro, para obtener la Capacidad de transmisión total del registro, en la red:

$$\text{Cap.tx del registro} = \text{tamaño del registro} + \text{Sobrecarga total en la trama}$$

$$\text{Cap.tx del registro} = 7746 \text{ bytes} + 348 \text{ bytes}$$

$$\text{Cap.tx del registro} = 8094 \text{ bytes} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ Kbit}}{1024 \text{ bits}}$$

$$\mathbf{\text{Cap.tx del registro} = 63.23 \text{ kbps.}}$$

2.3.2. Cálculo de la Capacidad del canal de video vigilancia y el Sistema de Semaforización.

Para realizar el cálculo de la capacidad de video es necesario conocer, los siguientes parámetros característicos:

- Tamaño del cuadro a transmitir a través del enlace.
- Sobrecarga de encapsulamiento.
- Cuadros por segundo en video.

Cada una de las especificaciones necesarias para calcular la Capacidad de Transmisión se encuentran en el Anexo L.12.2.

2.3.2.1. Proceso de Cálculo, cámara de red domo PTZ AXIS Q6032-E:

Tomando en cuenta los niveles de compresión MPEG-4/H.264 en la Tabla del Anexo G y el formato de resolución D1, se efectúa el siguiente proceso para determinar la capacidad de transmisión de la cámara de red domo PTZ AXIS Q6032-E:

El primer paso, consiste en determinar el número de tramas necesarias para transmitir un cuadro de video a través del enlace:

$$\text{No. tramas} = \frac{\text{Nivel de compresión de cuadro (bytes)}}{\text{MSS Ethernet (bytes)}}$$

- **Donde:**

$$\text{Nivel de compresión cuadro} = 7\text{KBytes} \times \frac{1024\text{bytes}}{1\text{KByte}}$$

$$\text{Nivel de compresión de cuadro} = \mathbf{7168 \text{ bytes}}$$

$$\text{MSS Ethernet} = \text{MTU} - \text{cabecera TCP} - \text{cabecera IPv4}$$

$$\text{MSS Ethernet} = 1500 - 20 - 20$$

$$\text{MSS Ethernet} = \mathbf{1460 \text{ bytes}}$$

- **Entonces:**

$$\text{No. tramas} = \frac{7168 \text{ bytes}}{1460 \text{ bytes}}$$

$$\text{No. tramas} = \mathbf{4.909 \text{ tramas}}$$

$$\text{No. tramas reales} = \mathbf{5 \text{ tramas}}$$

Tomando en cuenta el valor de $\text{No. tramas}_{\text{reales}}$, se transmitirán un total de 4 tramas de 1460 bytes y una trama restante (VRT) de 1328 bytes.

$$(\text{VRT}) = 7168 \text{ bytes} - (4 \times 1460)$$

$$(\text{VRT}) = \mathbf{1328 \text{ bytes}}$$

A continuación se realiza el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, en la siguiente Ecuación:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \text{No. tramas reales} \times \text{sobrecarga de encapsulamiento}$$

Donde:

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \text{cabecera capa enlace} + \text{cabecera TCP} + \text{cabecera IPv4}$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = 18 + 20 + 20.$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \mathbf{58 \text{ bytes}}$$

Entonces:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = 5 \times 58 \text{ bytes}$$

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \mathbf{290 \text{ bytes}}$$

El siguiente paso es calcular el tamaño total de un cuadro a transmitirse por el canal de comunicación:

$$\text{Tamaño total de un cuadro} = \text{Nivel de compresión cuadro} + \text{Sobrecarga total en la trama}$$

$$\text{Tamaño total de un cuadro} = 7168 \text{ bytes} + 290 \text{ bytes}$$

$$\text{Tamaño total de un cuadro} = 7458 \text{ bytes} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ Kbit}}{1024 \text{ bits}}$$

$$\text{Tamaño total de un cuadro} = \mathbf{58.66 \text{ Kbps}}$$

Finalmente se calcula la Cap.tx de una cámara de video vigilancia, a una frecuencia de 30 fps, en la siguiente Ecuación:

$$\text{Cap.tx} = \text{Tamaño total de un cuadro} \times 30 \text{ fps}$$

$$\text{Cap.tx} = 1789.92 \text{ Kbps}$$

➤ **Cap.tx = 1.75 Mbps.**

Dentro de las consideraciones de capacidad de transmisión, se determina el nivel de tráfico para tramas 802.1q y 802.1qinq, en el rango de direcciones IPv4 e IPv6. Cabe señalar que para este cálculo el número de tramas necesarias para transmitir un cuadro de video a través del enlace es el mismo que el considerado en tramas Ethernet, la diferencia está en el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, donde la *sobrecarga de encapsulamiento*:

Capacidad de transmisión con 802.1q:

A continuación se realiza el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, en la siguiente Ecuación:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \text{No.tramas reales} \times \text{sobrecarga de encapsulamiento}$$

Donde:

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \text{cabecera capa enlace} + \text{cabecera TCP} + \text{cabecera IPv4}$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = 22 + 20 + 20.$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \mathbf{62 \text{ bytes}}$$

Entonces:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = 5 \times 62 \text{ bytes}$$

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \mathbf{310 \text{ bytes}}$$

El siguiente paso es calcular el tamaño total de un cuadro a transmitirse por el canal de comunicación:

$$\text{Tamaño total de un cuadro} = \text{Nivel de compresión cuadro} + \text{Sobrecarga total en la trama}$$

$$\text{Tamaño total de un cuadro} = 7168 \text{ bytes} + 310 \text{ bytes}$$

$$\text{Tamaño total de un cuadro} = 7478 \text{ bytes} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ Kbit}}{1024 \text{ bits}}$$

$$\text{Tamaño total de un cuadro} = \mathbf{58.42 \text{ Kbps}}$$

Finalmente se calcula la Cap.tx de una cámara de video vigilancia, a una frecuencia de 30 fps, en la siguiente Ecuación:

$$\text{Cap.tx} = \text{Tamaño total de un cuadro} \times 30 \text{ fps}$$

$$\text{Cap.tx} = 1752.66 \text{ Kbps}$$

$$\Rightarrow \mathbf{\text{Cap.tx}_{802.1Q} = 1.75 \text{ Mbps.}}$$

Capacidad de transmisión con 802.1q IPv6:

A continuación se realiza el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, en la siguiente Ecuación:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \text{No.tramas reales} \times \text{sobrecarga de encapsulamiento}$$

Donde:

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \text{cabecera capa enlace} + \text{cabecera TCP} + \text{cabecera IPv6}$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = 22 + 20 + 40.$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \mathbf{82 \text{ bytes}}$$

Entonces:

Sobrecarga total en la trama = $5 \times 82 \text{ bytes}$

Sobrecarga total en la trama = **410 bytes**

El siguiente paso es calcular el tamaño total de un cuadro a transmitirse por el canal de comunicación:

Tamaño total de un cuadro = *Nivel de compresión cuadro* + *Sobrecarga total en la trama*

Tamaño total de un cuadro = $7168 \text{ bytes} + 410 \text{ bytes}$

Tamaño total de un cuadro = $7578 \text{ bytes} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ Kbit}}{1024 \text{ bits}}$

Tamaño total de un cuadro = **59.20 Kbps**

Finalmente se calcula la Cap.tx de una cámara de video vigilancia, a una frecuencia de 30 fps, en la siguiente Ecuación:

Cap.tx = *Tamaño total de un cuadro* \times 30 fps

Cap.tx = 1776.1 Kbps

➤ **Cap.tx 802.1q IPv6 = 1.78 Mbps.**

Capacidad de transmisión con 802.1qinq:

A continuación se realiza el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, en la siguiente Ecuación:

Sobrecarga total en la trama = *No.tramas reales* \times *sobrecarga de encapsulamiento*

Donde:

Sobrecarga de encapsulamiento = *cabecera capa enlace* + *cabecera TCP* + *cabecera IPv4*

Sobrecarga de encapsulamiento = $26 + 20 + 20$.

Sobrecarga de encapsulamiento = **66 bytes**

Entonces:

Sobrecarga total en la trama = 5 x 66 bytes

Sobrecarga total en la trama = **330 bytes**

El siguiente paso es calcular el tamaño total de un cuadro a transmitirse por el canal de comunicación:

Tamaño total de un cuadro = *Nivel de compresión cuadro* + *Sobrecarga total en la trama*

Tamaño total de un cuadro = 7168 bytes + 330 bytes

Tamaño total de un cuadro = 7498 bytes x $\frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}}$ x $\frac{1 \text{ Kbit}}{1024 \text{ bits}}$

Tamaño total de un cuadro = **58.58 Kbps**

Finalmente se calcula la Cap.tx de una cámara de video vigilancia, a una frecuencia de 30 fps, en la siguiente Ecuación:

Cap.tx = *Tamaño total de un cuadro* x 30 fps

Cap.tx = **1757.34 Kbps**

➤ **Cap.tx QINQ = 1.76 Mbps.**

Capacidad de transmisión con 802.1qinq IPv6:

A continuación se realiza el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, en la siguiente Ecuación:

Sobrecarga total en la trama = *No.tramas reales* x *sobrecarga de encapsulamiento*

Donde:

Sobrecarga de encapsulamiento = *cabecera capa enlace* + *cabecera TCP* + *cabecera IPv6*

Sobrecarga de encapsulamiento = 26 + 20 + 40.

Sobrecarga de encapsulamientoIPv6 = 86 bytes

Entonces:

Sobrecarga total en la trama = 5 x 86 bytes

Sobrecarga total en la trama = 430 bytes

El siguiente paso es calcular el tamaño total de un cuadro a transmitirse por el canal de comunicación:

Tamaño total de un cuadro = Nivel de compresión cuadro + Sobrecarga total en la trama

Tamaño total de un cuadro = 7168 bytes + 430 bytes

Tamaño total de un cuadro = 7598 bytes x $\frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}}$ x $\frac{1 \text{ Kbit}}{1024 \text{ bits}}$

Tamaño total de un cuadro = 59.36 Kbps

Finalmente se calcula la Cap.tx de una cámara de video vigilancia, a una frecuencia de 30 fps, en la siguiente Ecuación:

Cap.tx = Tamaño total de un cuadro x 30 fps

Cap.tx = 1780.78 Kbps

Cap.tx QInQ IPv6 = 1.78 Mbps.

2.3.2.2. Proceso de Cálculo de, cámara de red TrafiCam x-Stream.

A partir del Nivel de compresión de MPEG-4/H.264, ubicado en la Tabla del Anexo G de Video vigilancia, y el formato de resolución VGA, se efectúa se considera los mismos procesos establecidos, en la cámara de red domo PTZ AXIS Q6032-E, por lo que solo se especificar el valor por cada enlace.

$$\text{No. tramas} = \frac{\text{Nivel de compresión de cuadro (bytes)}}{\text{MSS Ethernet(bytes)}}$$

- **Donde:**

$$\text{Nivel de compresión cuadro} = 3.5\text{KBytes} \times \frac{1024\text{bytes}}{1\text{KByte}}$$

$$\text{Nivel de compresión de cuadro} = \mathbf{3584 \text{ bytes}}$$

$$\text{MSS Ethernet} = \text{MTU} - \text{cabecera TCP} - \text{cabecera IPv4}$$

$$\text{MSS Ethernet} = 1500 - 20 - 20$$

$$\text{MSS Ethernet} = \mathbf{1460 \text{ bytes}}$$

- **Entonces:**

$$\text{No. tramas} = \frac{3584\text{bytes}}{1460\text{bytes}}$$

$$\text{No. tramas} = \mathbf{2.45 \text{ tramas}}$$

$$\text{No. tramas reales} = \mathbf{3 \text{ tramas}}$$

Tomando en cuenta el valor de $\text{No. tramas}_{\text{reales}}$, se transmitirán un total de 2 tramas de 1460bytes y una trama restante (VRT) de 664bytes.

$$(\text{VRT}) = 3584\text{bytes} - (2 \times 1460)$$

$$(\text{VRT}) = \mathbf{664 \text{ bytes}}$$

A continuación se realiza el cálculo de la *sobrecarga total de trama*, en la siguiente Ecuación:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \text{No. tramas reales} \times \text{sobrecarga de encapsulamiento}$$

- **Donde:**

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \text{cabecera capa enlace} + \text{cabecera TCP} + \text{cabecera IPv4}$$

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = 18 + 20 + 20.$$

Sobrecarga de encapsulamiento = 58 bytes

Entonces:

Sobrecarga total en la trama = 3 x 58 bytes

Sobrecarga total en la trama = 174 bytes

El siguiente paso es calcular el tamaño total de un cuadro a transmitirse por el canal de comunicación:

Tamaño total de un cuadro = Nivel de compresión cuadro + Sobrecarga total en la trama

Tamaño total de un cuadro = 3584 bytes + 174 bytes

Tamaño total de un cuadro = 3758 bytes x $\frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}}$ x $\frac{1 \text{ Kbit}}{1024 \text{ bits}}$

Tamaño total de un cuadro = 29.36 Kbps

Finalmente se calcula la Cap.tx de una cámara de video vigilancia, a una frecuencia de 25 fps, en la siguiente Ecuación:

Cap.tx = Tamaño total de un cuadro x 25 fps

Cap.tx = 734.9Kbps

➤ **Cap.tx = 0.72Mbps.**

Realizando el cálculo de la Cap.tx con IPv4, también se determina su capacidad para la trama Ethernet con:

(a) Capacidad de transmisión IPv6:

➤ **Cap.tx IPv6 = 0.728Mbps.**

(b) Capacidad de transmisión con trama 802.1q:

➤ **Cap.tx = 0.720Mbps.**

(c) Capacidad de transmisión con trama 802.1q IPv6:

➤ **Cap.tx = 0.73Mbps.**

(d) Capacidad de transmisión con trama 802.1qinq:

➤ **Cap.tx = 0.732Mbps.**

2.3.3. Calculo de la Capacidad de un canal de voz.

Tomando en cuenta lo expresado en el Anexo L.12.3 de voz y reemplazando los valores en la formula se obtienen la capacidad de tx de voz, para:

(a) Capacidad de transmisión de voz con trama Ethernet:

➤ **Cap.tx = 87.2 Kbps**

(b) Capacidad de transmisión de voz con trama 802.1Q:

➤ **Cap.tx = 88.8 Kbps**

(c) Capacidad de transmisión de voz con trama 802.1qinq:

➤ **Cap.tx = 90.4kbps**

A continuación se establece un resumen con las capacidades de transmisión por canal de cada uno de los servicios establecidos para cada una de las instituciones:

Tabla: Resumen de Capacidad de transmisión por servicio:

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

Fuente: Propia

CAPITULO III

Diseño de la red de nodos de Fibra Óptica para la Integración de Servicios y Análisis de Equipamiento SDH-WDM.

3.1. Introducción.

En base a la información obtenida en el CAPITULO II sobre el equipamiento existente en el GAD-I y entidades colaboradores y acorde a las nuevas necesidades de conectividad, integración recursos y optimización de recursos tecnológicos, se presenta a continuación el siguiente estudio de diseño enfocado a las necesidades actuales y futuras de dichas instituciones.

3.2. Matriz de Tráfico de Servicios.

En esta sección analizo detalladamente los requerimientos de red requeridos por el personal técnico del GAD-I para brindar los servicios de conectividad necesarios en base a la plataforma SDH indicada y de esta forma lograr la optimización de los recursos actuales y brindar un alto margen de crecimiento en los servicios actuales y nuevos que pueda presentar la red. Entre estos elementos a considerar son los servicios de Voz, Datos y Video que a continuación se detalla:

3.2.1. Matriz para tráfico de VOZ

Como se pudo analizar en el CAPITULO II, existen centrales telefónicas analógicas tanto en el GAD-I como en las instituciones municipales que se encuentran al borde de la saturación y no permiten una integración digital para nuevos servicios. Actualmente personal de cada institución realiza llamadas entre

entidades utilizando la red de CNT, para suplir estas necesidades se pretende utilizar una sección de la central digital del GAD-I para proveer de telefonía digital IP a las entidades municipales, cabe indicar que no se busca la integración de las centrales existentes ya que muchas de ellas son analógicas y en otros casos el personal técnicos de algunas entidades no requiere ni autoriza la integración de las mismas ya que cada institución se maneja de forma autónoma.

Sin embargo como alternativa todas las entidades están de acuerdo en la provisión de líneas telefónicas privadas que serán utilizadas para operación, mantenimiento logístico y líneas de contacto directo a nivel gerencial. Para ello se proveerá de telefónica IP a las instituciones colaboradoras utilizando netamente los recursos digitales del GAD-I, tal como se aprecia en el siguiente Figura 90:

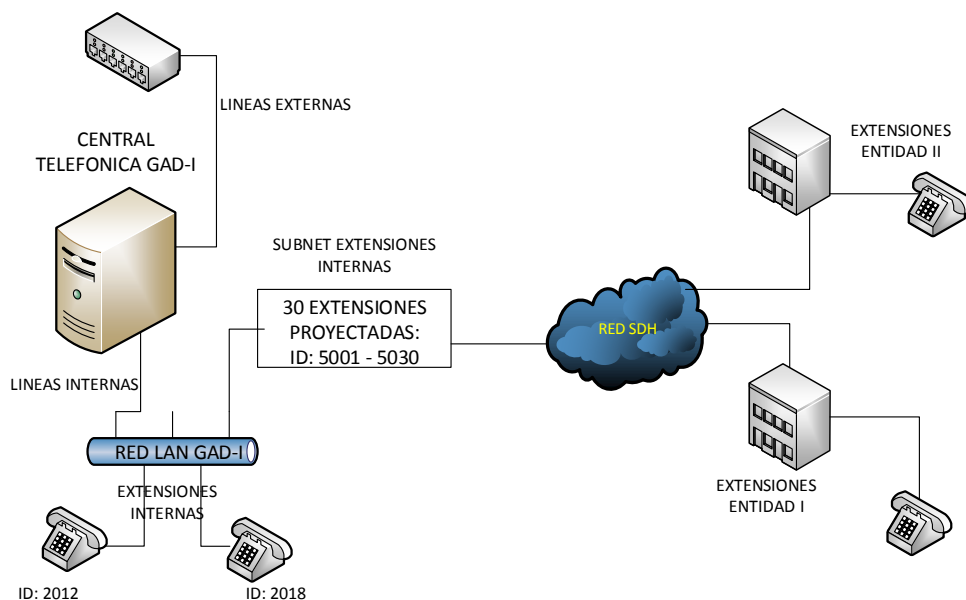


Figura 90. Diagrama de la Red IP propuesta.
Fuente: En base a los requerimientos de cada institución.

Los requerimientos de comunicación indicada por las diferentes instituciones colaboradoras y el GAD-I se establecen a continuación:

a. EMAPA-I

En esta institución el departamento técnico nos indica las necesidades de comunicación de voz en base al siguiente Tabla 27:

Tabla 27. Requerimientos de voz de EMAPA-I.

DEPARTAMENTO	REQUERIMIENTO	No. DE EXTENSIONES
Gerencia Administrativa EMAPA-I	Planificación, control y evaluación de proyectos conjuntos con las instituciones municipales.	1
Secretaria General EMAPA-I	Coordinación de eventos, reuniones y logística de gerencia con las instituciones municipales	1
Departamento de Planificación y Obras Públicas	Para requerir los informes que fueren necesarios para ejercer el control del avance de los planes, programas, proyectos, presupuestos y convenios vigentes y a ejecutarse entre instituciones municipales; adoptando las decisiones que aseguren su avance y cumplimiento, así como conocer qué tipo de trabajos se están realizando en una determinada zona. Ya que en algunos casos cuando se realizan obras de adoquinado en la ciudad la institución no conoce cuál es la ubicación exacta donde se los realiza.	1
Centro de Computo EMAPA-I	Brindar soporte de conectividad de la red	1
Centro de Recaudaciones EMAPA-I	Brindar soporte logístico de cobranza en los servicios de Agua y Alcantarillado	1

Fuente: En base a los requerimientos de EMAPA-I.

b. SEGURIDAD CIUDADANA

En esta institución se brinda el servicio de voz a nivel administrativo, debido a que la operación de actividades de esta entidad netamente se halla relacionadas con las entidades de control y seguridad Pública, las mismas que son enrutadas por la red de CNT. En la Tabla 28 se identifican sus requerimientos:

Tabla 28. Requerimientos de voz de Seguridad Ciudadana.

DEPARTAMENTO	REQUERIMIENTO	No. DE EXTENSIONES
Gerencia Administrativa de Seguridad Ciudadana	Planificación, control y evaluación de proyectos conjuntos con las instituciones municipales.	1

Fuente: En base a los requerimientos de Seguridad Ciudadana.

c. MERCADOS

Para los mercados Amazonas y Santo Domingo, se pretende incorporar nuevos servicio de cobranza, el cual facilitará a la ciudadanía un accesible punto de pago y ayude en la recaudación de planillas de servicios básicos e impuestos al resto de instituciones, por estas razones se identifican los siguientes requerimientos, Tabla 29:

Tabla 29. Requerimientos de voz de Mercados.

DEPARTAMENTO	REQUERIMIENTO	No. DE EXTENSIONES
Administrador de Mercados	Planificación, control y evaluación de proyectos conjuntos entre los mercados Municipales y el GAD-I.	2
Operador de Cobranza	Requerir soporte logístico de cobranza en los servicios básicos de agua, eléctrico y valores de recaudación de pago de impuestos Municipales.	2

Fuente: En base a los requerimientos de los requerimientos de los Mercados.

d. CUERPO DE BOMBEROS - TRANSITO

Actualmente en este edificio funciona la parte administrativa del cuerpo de bomberos y adicionalmente existe el departamento del control de tránsito metropolitano, el número de extensiones requeridas se especifican en la Tabla 30:

Tabla 30. Requerimientos de voz Empresa Municipal del Cuerpo de Bomberos.

DEPARTAMENTO	REQUERIMIENTO	No. DE EXTENSIONES
Gerencia Administrativa Cuerpo de Bomberos	Planificación, control y evaluación de proyectos conjuntos con el GAD-I.	1
Gerencia Administrativa Control de Transito		1
Operación de las comunicaciones, sistema de vigilancia	Control de incidentes sobre la comunicación de las cámaras de video vigilancia provistas por el GAD-I	1

Fuente: En base a los requerimientos de la Empresa Municipal del Cuerpo de Bomberos.

e. ECU911

Para el ECU911 únicamente se habilitan 2 líneas telefónicas, Tabla 31, que serán interfaces de comunicación administrativo y operaciones técnicas sobre la conectividad y red, debido a que para el funcionamiento operacional de esta institución, existe una plataforma robusta tecnológicamente provista por CNT,

Tabla 31. Requerimientos de voz Ecu 911.

DEPARTAMENTO	REQUERIMIENTO	No. DE EXTENSIONES
Gerencia Administrativa ECU 911	Planificación, control y evaluación de proyectos conjuntos con el GAD-I.	1
Operación de las comunicaciones, sistema de vigilancia	Control de incidentes sobre la comunicación de las cámaras de video vigilancia provistas por el GAD-I	1

Fuente: En base a los requerimientos del Ecu 911

f. EMELNORTE

En esta institución el departamento técnico identifico las necesidades de comunicación de voz en base al siguiente detalle, expresado en la Tabla 32:

Tabla 32. Requerimientos de voz Emelnorte.

DEPARTAMENTO	REQUERIMIENTO	No. DE EXTENSIONES
Gerencia Administrativa EMELNORTE	Planificación, control y evaluación de proyectos conjuntos con las instituciones municipales.	1
Secretaria General EMELNORTE	Coordinación de eventos, reuniones y logística de gerencia con las instituciones municipales	1
Centro de Computo EMELNORTE	Brindar soporte de conectividad de la red	1
Centro de recaudaciones EMELNORTE	Brindar soporte logístico de cobranza en el servicio eléctrico	1

Fuente: En base a los requerimientos de los departamentos de Emelnorte.

h. GAD-I

Finalmente el GAD-I facilita las comunicaciones telefónicas en base a los siguientes requerimientos específicos, descritos en la siguiente Tabla 33:

Tabla 33. Requerimientos de voz del GAD-I.

DEPARTAMENTO	REQUERIMIENTO	No. DE EXTENSIONES
Gerencia Administrativa del GAD-I	Planificación, control y evaluación de proyectos conjuntos con las instituciones municipales.	1
Secretaria General GAD-I	Coordinación de eventos, reuniones y logística de gerencia con las instituciones municipales	1
Administrador de Mercados	Planificación, control y evaluación de proyectos conjuntos entre los mercados Municipales y el GAD-I.	1
Centro de Computo GAD-I	Brindar soporte de conectividad de la red	1
Centro de Recaudaciones GAD-I	Brindar soporte logístico de cobranza en los servicios Municipales.	1

Fuente: consulta al GAD-I y entidades municipales.

Acorde al detalle indicado sobre las necesidades de comunicación telefónica en las distintas instituciones y el GAD-I se establece la siguiente matriz de tráfico de VOZ, Tabla 34:

Tabla 34. Matriz de Tráfico de servicios voz.

		INSTITUCIONES QUE ATIENDEN LAS SOLICITUDES DE VOZ							
		EMAPA - I	SEGURIDAD CIUDADANA	MERCADO STO DOMINGO	MERCADO AMAZONAS	BOMBEROS - TRANSITO	ECU911	EMELNORTE	GAD-I
INSTITUCIONES QUE EMITEN LAS SOLICITUDES DE VOZ	EMAPA - I			D, E	D,E				A,B,C,D
	SEGURIDAD CIUDADANA					F	F		A,B
	MERCADO STO. DOMINGO	D,E			E,G,H			D,E	D,E,G
	MERCADO AMAZONAS	D,E		E,G,H				D,E	D,E,G
	BOMBEROS - TRANSITO		F				F		A,B
	ECU911		F			F			A,B
	EMELNORTE			D, E	D, E				A,B,C,D
	GAD-I	A,B,C,D	A,B	E,G,H	E,G,H	A,B	A,B	A,B,C,D	

Fuente: en base a los requerimientos de servicio entre instituciones de la Tabla 35.

Donde cada uno de los ítems, son descritos a detalle en el siguiente cuadro de resumen, Tabla 35:

Tabla 35. Resumen de cada requerimiento de voz.

ITEM	REQUERIMIENTO
A	Gerencia Administrativa del GAD-I
	Gerencia Administrativa EMAPA-I
	Gerencia Administrativa EMELNORTE
	Gerencia Administrativa ECU 911
	Gerencia Administrativa Cuerpo de Bomberos
	Gerencia Administrativa Control de Transito
	Gerencia Administrativa de Seguridad Ciudadana
B	Secretaria General EMAPA-I
	Secretaria General EMELNORTE
	Secretaria General GAD-I
C	Departamento de Planificación y Obras Públicas EMAPA-I
	Departamento de Planificación y Obras Públicas EMELNORTE
	Departamento de Planificación y Obras Públicas GAD-I
D	Centro de Computo EMAPA-I
	Centro de Computo EMELNORTE
	Centro de Computo GAD-I
E	Centro de Recaudaciones EMAPA-I
	Centro de Recaudaciones EMELNORTE
	Centro de Recaudaciones GAD-I
F	Operación de las comunicaciones, sistema de vigilancia
G	Administrador de Mercados
	Administrador de Mercado Sto. Domingo
	Administrador de Mercado Amazonas
H	Operador de Cobranza

Fuente: Requerimientos entre instituciones.

A continuación se describe el diagrama de conectividad para los servicios de Voz, Figura 91, considerando una proyección de 30 extensiones (5001 - 5030), de las cuales inicialmente serán utilizadas únicamente 19 líneas telefónicas equivalente a un 63% para suplir las necesidades actuales de operación y logística entre el GAD-I y sus instituciones colaboradoras. Para un futuro crecimiento se dispone de un 37% de líneas telefónicas (11 líneas) que ayudaran a una apertura de nuevos canales de comunicación dependiendo de las necesidades futuras.

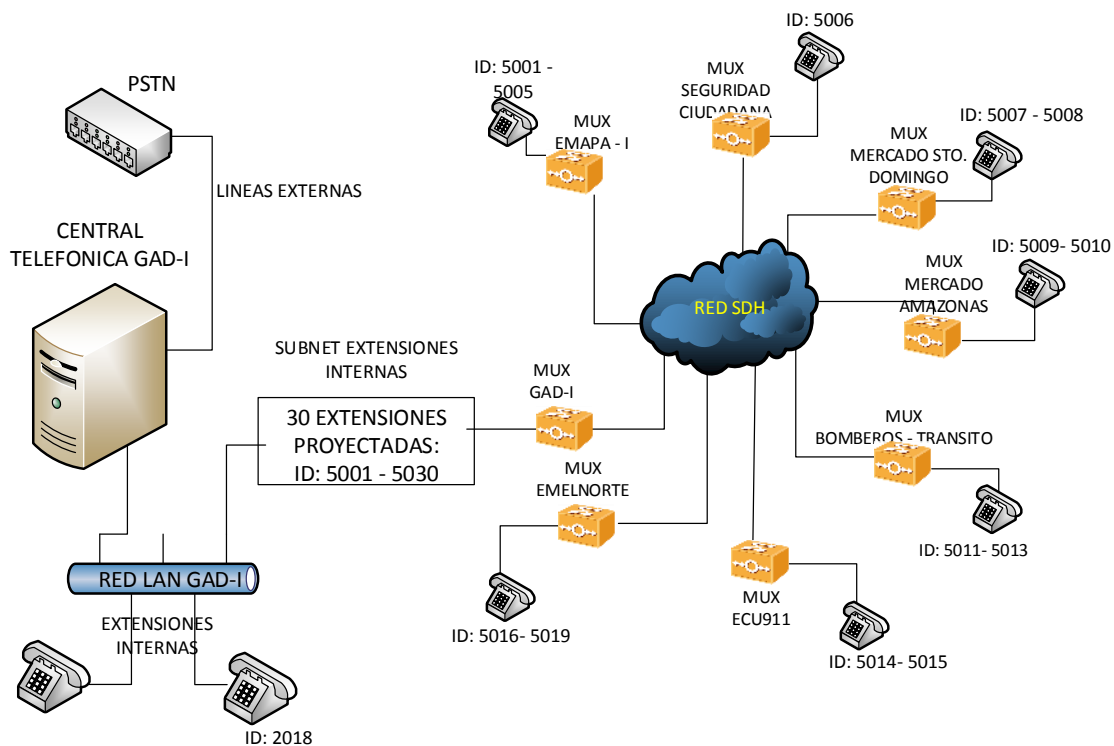


Figura 91. Diagrama de Conectividad de Voz IP entre el GAD-I y las entidades municipales.
Fuente: En base a los datos obtenidos en la situación actual de cada institución.

Cabe señalar que las extensiones del GAD-I, son existentes, razón por la cual no se consideran como nuevas líneas, el resto de las líneas telefónicas son programadas en la Central IP Elastix, generando una subred de operaciones en el rango de los números 5001 a 5030 para permitir únicamente la comunicación entre estas y hacia las líneas del GAD-I existentes (2200, 2214, 2217, 2235 y 2248), de esta forma se crean secciones para no interferir con las operaciones internas del GAD-I. A continuación se describe el número de extensiones en la central IP, Tabla 36:

El detalle de la guía telefónica es detallada a continuación, considerar que las extensiones del GAD-I son existentes, por lo que no son consideradas como líneas nuevas, para el resto de líneas telefónicas, estas son programadas en la Central IP Elastix, generando una subnet de operaciones en el rango de los números 5001 a 5030 para permitir únicamente la comunicación entre estas y hacia las líneas del GAD-I existentes (2200, 2214, 2217, 2235 y 2248), de esta forma se crean secciones para no interferir con las operaciones internas del GAD-I.

Tabla 36. Rango de extensiones en la central IP.

INSTITUCIONES	DEPARTAMENTOS	EXTENSION
EMAPA - I	Gerencia Administrativa EMAPA-I	5001
	Secretaria General EMAPA-I	5002
	Departamento de Planificación y Obras Públicas	5003
	Centro de Computo EMAPA-I	5004
	Centro de Recaudaciones EMAPA-I	5005
SEGURIDAD CIUDADANA	Gerencia Administrativa de Seguridad Ciudadana	5006
MERCADO STO. DOMINGO	Administrador de Mercado Sto. Domingo	5007
	Operador de Cobranza	5008
MERCADO AMAZONAS	Administrador de Mercado Amazonas	5009
	Operador de Cobranza	5010
BOMBEROS - TRANSITO	Gerencia Administrativa Cuerpo de Bomberos	5011
	Gerencia Administrativa Control de Transito	5012
	Operación de las comunicaciones, sistema de vigilancia	5013
ECU911	Gerencia Administrativa ECU 911	5014
	Operación de las comunicaciones, sistema de vigilancia	5015
EMELNORTE	Gerencia Administrativa EMELNORTE	5016
	Secretaria General EMELNORTE	5017
	Centro de Computo EMELNORTE	5018
	Centro de recaudaciones EMELNORTE	5019
GAD-I	Gerencia Administrativa del GAD-I	2214
	Secretaria General GAD-I	2235
	Administrador de Mercados	2248
	Centro de Computo GAD-I	2200
	Centro de Recaudaciones GAD-I	2217

Fuente: Adaptado de la Central de GAD-I.

Finalmente se detalla el tráfico de datos generado por el uso de estos nuevos servicios de líneas telefónicas sobre la red SDH, como se explicó en el CAPITULO II, existen diferentes mecanismos de encapsulación y procesamiento de las tramas Ethernet, ya sean estos definidos por los protocolos IEEE 802.1d (Ethernet Bridge), 802.1q (Ethernet con VLANs) y 802.1ad (Ethernet QinQ). Para este diseño se usará del protocolo IEEE 802.1Q que consume un valor de 88.8 Kbps del canal de transmisión en cada llamada generada, el uso de este protocolo permite optimizar la red a través del uso de VLANs, el cual ayuda a tener un tráfico de datos diferenciado y ordenado en comparación con el 802.1d, que transmite los datos de forma transparente, por otro lado, es descartado el protocolo 802.1ad en cuanto,

presenta un alto nivel de encapsulación a través de C-VLAN (VLANs del segmento de la trama Ethernet correspondiente al 802.1Q) sobre S-VLAN (VLANs de orden jerárquico superior que encapsulan a las C-VLAN), este protocolo genera canales dedicados de alta capacidad para la transmisión de numerosos servicios, por esta razón no se toma en cuenta este protocolo ya que la cantidad de servicios en esta red es pequeña.

A continuación se detalla la distribución de tráfico en base a los servicios de las líneas telefónicas dimensionadas, en la siguiente Tabla 37:

Tabla 37. Distribución de tráfico de voz en base a los servicios.

Procesamiento de Llamadas Telefónicas		Canal de Voz Requeridos	Capacidad de datos por cada canal [Kbps]	Capacidad Total de datos Requeridos [Kbps]	Contenedor Virtual GFP Ethernet sobre SDH (EoSDH)		Rendimiento de ocupación del contenedor
Sitio Inicial	Sitio Final				Contenedor Virtual	Capacidad del Contenedor [Kbps]	
EMAPA - I	GAD-I	4	88,8	355,2	1 VC-12	2048	17,3%
SEGURIDAD CIUDADANA	BOMBEROS - TRANSITO	1	88,8	88,8	1 VC-12	2048	4,3%
	ECU911	1	88,8	88,8	1 VC-12	2048	4,3%
	GAD-I	2	88,8	177,6	1 VC-12	2048	8,7%
MERCADO STO. DOMINGO	EMAPA - I	2	88,8	177,6	1 VC-12	2048	8,7%
	MERCADO AMAZONAS	3	88,8	266,4	1 VC-12	2048	13,0%
	EMELNORTE	2	88,8	177,6	1 VC-12	2048	8,7%
	GAD-I	3	88,8	266,4	1 VC-12	2048	13,0%
MERCADO AMAZONAS	EMAPA - I	2	88,8	177,6	1 VC-12	2048	8,7%
	MERCADO STO DOMINGO	3	88,8	266,4	1 VC-12	2048	13,0%
	EMELNORTE	2	88,8	177,6	1 VC-12	2048	8,7%
	GAD-I	3	88,8	266,4	1 VC-12	2048	13,0%
BOMBEROS - TRANSITO	SEGURIDAD CIUDADANA	1	88,8	88,8	1 VC-12	2048	4,3%
	ECU911	1	88,8	88,8	1 VC-12	2048	4,3%
	GAD-I	2	88,8	177,6	1 VC-12	2048	8,7%
ECU911	SEGURIDAD CIUDADANA	1	88,8	88,8	1 VC-12	2048	4,3%
	BOMBEROS - TRANSITO	1	88,8	88,8	1 VC-12	2048	4,3%
	GAD-I	2	88,8	177,6	1 VC-12	2048	8,7%
EMELNORTE	GAD-I	4	88,8	355,2	1 VC-12	2048	17,3%

Fuente: En base a los requerimientos del CAPITULO II, de los servicios de voz.

En base a la arquitectura física de la red existente de fibra óptica entre el GAD-I y las instituciones municipales, determinadas en el CAPITULO II, literal 2.3.1. “Topología de red de Fibra Óptica existente entre las filiales del GAD-I”, donde claramente se puede constatar una conectividad lineal entre Mercado Sto. Domingo, Emelnorte, GAD-I, EMAPA-I, Seguridad Ciudadana y Mercado Amazonas. Sin embargo existe fibra óptica de las redes metropolitanas propiedad del GAD-I con suficientes hilos de fibra óptica (10 hilos) que actualmente están siendo validadas por el personal Técnico / Administrativo del GAD-I para integrar a las instituciones Públicas del Cuerpo de Bomberos – Transito y ECU 911, generando así una topología en anillo que brindará mayores beneficios en la creación de nuevos servicios y protecciones de la red. Esta integración permitirá crear una robusta red SDH con sistemas de protección en anillo (MSP o SNCP).

A continuación se presenta la topología física en anillo con la red SDH sugerida. Para el proceso de creación de servicios se genera la tabla de cross conexiones con rutas principales (MAIN - sentido horario) y de protección (PROTECTION - sentido anti horario) en base al dimensionamiento realizado, Tabla 38. Para mayor información sobre la configuración de las cross conexiones de Ethernet sobre SDH (EoSDH) se describe a detalle en el Anexo M.

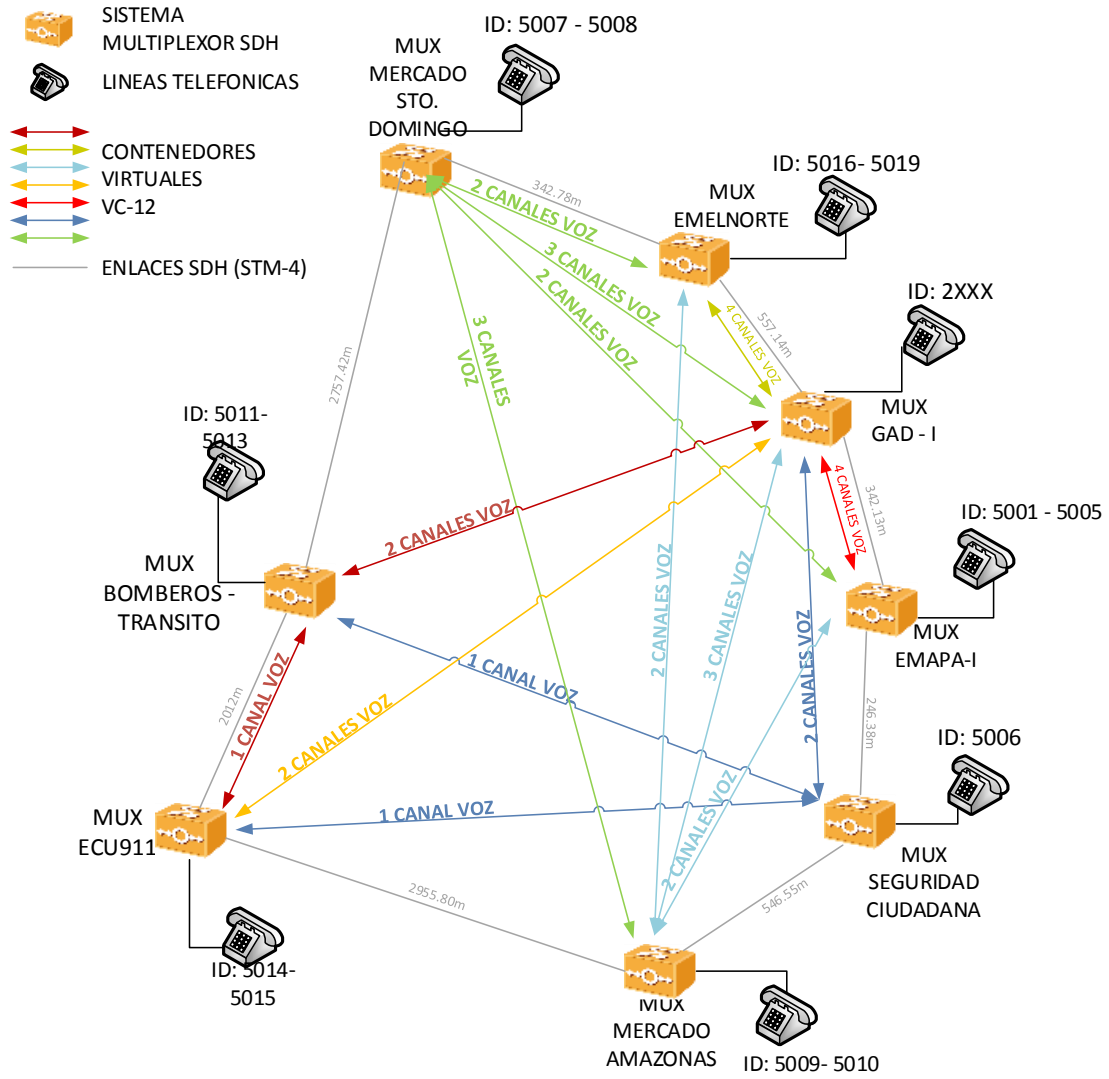


Figura 92. Topología de red en anillo SDH propuesta.

Fuente: Propia.

Tabla 38. Tabla de cross conexiones SDH, para los servicios de voz

VC-12	GAD-I	EMAPA - I	SEGURIDAD CIUDADANA	MERCADO AMAZONAS	ECU911	BOMBEROS - TRANSITO	MERCADO STO DOMINGO	EMELNORTE	GAD-I
1		MAIN							PROTECTION
2		MAIN							PROTECTION
3		MAIN							PROTECTION
4		MAIN							PROTECTION
5		MAIN							PROTECTION
6		MAIN							PROTECTION
7		MAIN							PROT
8		MAIN							PROTECTION
9		MAIN							PROTECTION
10		MAIN							PROTECTION
11		MAIN							PROTECTION
12		PROTECTION			MAIN				
13		PROTECTION			MAIN				
14		MAIN							PROTECTION
15		PROTECTION						MAIN	

Fuente. Propia.

3.2.2. Matriz para tráfico de DATOS

En la red de fibra óptica implementada por el GAD-I no existen servicios de datos con ninguna institución colaboradora, por este motivo y en función de optimizar los recursos existentes y mejorar los procesos de recaudación de las instituciones, se sugiere crear ventanillas multipago en determinados sitios estratégicos de alta concurrencia, que ayuden y faciliten a los usuarios a cancelar de una manera cómoda, segura y rápida los servicios básicos de Agua, Energía Eléctrica e Impuestos Municipales.

Para tal fin se sugiere la instalación de ventanillas multipago, Figura 93, en los Mercados Municipales de Santo Domingo y Amazonas, adicionalmente se pretende crear el mismo sistema con una operadora dedicada a estos cobros en EMAPA-I, Emelnorte y GAD-I, para ello se presenta el siguiente diagrama de conectividad, considerando que el alcance de este diseño involucra crear únicamente canales Ethernet entre las instituciones involucradas para proveer una conectividad entre los servidores que manejan las bases de datos de cobranza con los computadores remotos donde se instalará el software respectivos de cada entidad, adicionalmente

el enrutamiento IP lo realizarán los administradores de red de cada institución para dirigir el tráfico generado hacia los computadores remotos de cobranza.

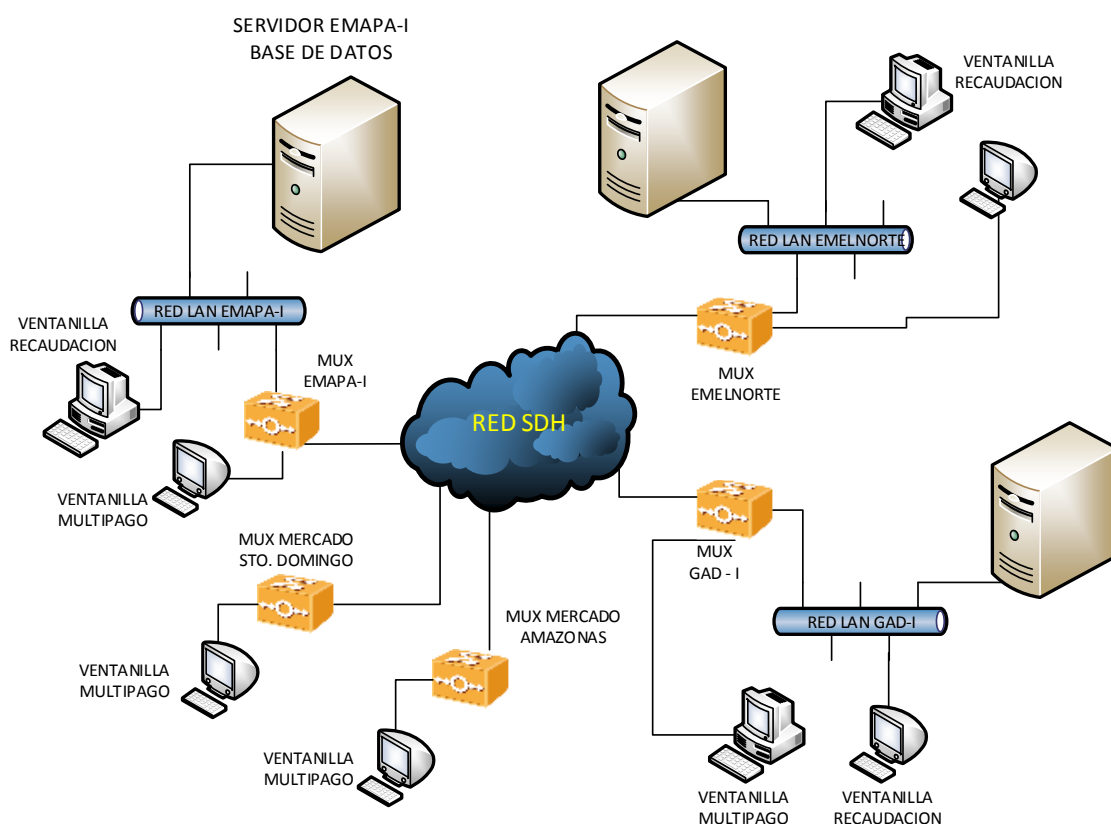


Figura 93. Diagrama propuesto para la integración de ventanillas multipago.

Fuente: Propia.

En base a los análisis del cálculo de la capacidad de canal requerida para el procesamiento de un registro de cobro del GAD-I, Emelnorte y EMAPA-I se detalla a continuación un resumen de estos valores, en la siguiente Tabla 39:

Tabla 39. Capacidad del canal para la transmisión de un registro a través de la red de nodos SDH.

INSTITUCION	FORMULARIO	CAPACIDAD DEL CANAL REQUERIDA POR CADA FORMULARIO [Kbps]	MEDIA ARITMETICA DE LA FRECUENCIA DE FORMULARIOS POR DIA	NUMERO DE VENTANILLAS DE RECAUDACION	DENSIDAD DE FLUJO DE COBRO POR VENTANILLA	FORMULARIOS PROCESADOS DIARIAMENTE POR VENTANILLA/hora
GAD-I	Impuestos Prediales	72	416	4	104	13
EMAPA	Facturación de Servicio de Agua	97,59	824	3	274	34
EMELNORTE	Facturación Servicio Eléctrico	63,23	1258	4	314	39
<i>Total capacidad con procesamiento de formularios simultáneos</i>		232,82				

Fuente: Propia.

En base a los resultados de la Tabla 38, se puede verificar que la capacidad de canal requerida para la creación de las nuevas ventanillas multipago es viable ya que tomando como condición crítica el procesamiento de los tres formularios de forma simultánea, se requiere una capacidad de canal de 232,82 Kbps en cada ventanilla. Por tal razón es necesario el uso de un contenedor virtual VC-12 en cada dirección.

En la Tabla 40, se muestra la matriz del tráfico de datos referido a las instituciones involucradas:

Tabla 40. Resumen de matriz de tráfico de datos por instituciones.

		INSTITUCIONES RECAUDADORAS CON VENTANILLAS MULTIPAGO				
		EMAPA - I	MERCADO STO DOMINGO	MERCADO AMAZONAS	EMELNORTE	GAD-I
INSTITUCIONES QUE PROVEEN LOS FORMULARIOS DE RECAUDACION	EMAPA - I	X	X	X	X	X
	EMELNORTE	X	X	X	X	X
	GAD-I	X	X	X	X	X

Fuente: Propia.

A continuación se detalla la distribución de tráfico en base a los servicios de las ventanillas multipago dimensionadas, Tabla 41:

Tabla 41. Distribución de tráfico en las ventanillas multipago.

Procesamiento de Datos en Ventanilla Multipago		Ventanillas Multipago	Capacidad de datos por cada canal [Kbps]	Capacidad Total de datos Requeridos [Kbps]	Contenedor Virtual GFP Ethernet sobre SDH (EoSDH)		Rendimiento de ocupación del contenedor
Sitios de Recaudación	Sitio Proveedores de formularios				Contenedor Virtual	Capacidad del Contenedor [Kbps]	
EMAPA - I	GAD-I	1	72	232,82	1 VC-12	2048	11,4%
	EMAPA - I	1	97,59				
	EMELNORTE	1	63,23				
MERCADO STO DOMINGO	GAD-I	1	72	232,82	1 VC-12	2048	11,4%
	EMAPA - I	1	97,59				
	EMELNORTE	1	63,23				
MERCADO AMAZONAS	GAD-I	1	72	232,82	1 VC-12	2048	11,4%
	EMAPA - I	1	97,59				
	EMELNORTE	1	63,23				
EMELNORTE	GAD-I	1	72	232,82	1 VC-12	2048	11,4%
	EMAPA - I	1	97,59				
	EMELNORTE	1	63,23				
GAD-I	GAD-I	1	72	232,82	1 VC-12	2048	11,4%
	EMAPA - I	1	97,59				
	EMELNORTE	1	63,23				

A continuación se presenta la topología física en anillo con la red SDH sugerida, para la integración de las ventanillas multipago entre instituciones, Figura 95:

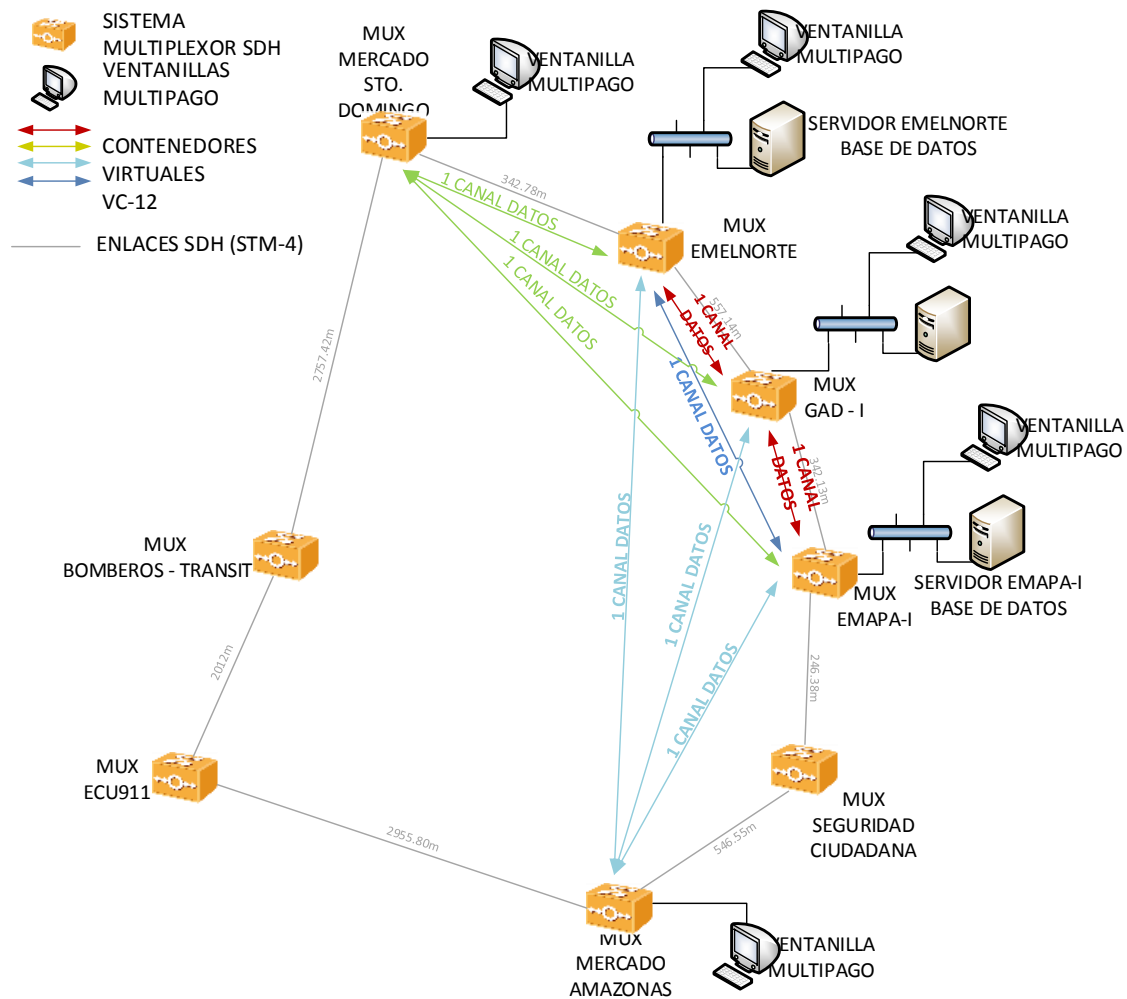


Figura 94. Topología en anillo con tecnología SDH propuesta, para la integración del servicio de datos. Fuente: Propia.

Para el proceso de creación de servicios se genera la Tabla 42, de cross conexiones con rutas principales (MAIN - sentido horario) y de protección (PROTECTION - sentido anti horario) en base al dimensionamiento realizado.

Tabla 42. Diagrama de cross conexión y protección para los servicios de datos.

VC-12	GAD-I	EMAPA - I	SEGURIDAD CIUDADANA	MERCADO AMAZONAS	ECU911	BOMBEROS - TRANSITO	MERCADO STO DOMINGO	EMELNORTE	GAD-I	
1		MAIN			PROTECTION					
2		MAIN				PROTECTION				
3			MAIN					PROTECTION		
4		PROTECTION							MAIN	
8			MAIN			PROTECTION				
9			MAIN					PROTECTION		
10			MAIN							PROTEC
11	PROTECTION				MAIN					
12			MAIN					PROTEC		

Fuente: Propia.

3.2.3. Matriz para tráfico de VIDEO.

En la red de fibra óptica implementada por el GAD-I existen dos tipos de servicios de video, el primero es referido a cámaras PTZ para el control de la seguridad ciudadana, como se indica en la Figura 95, estas actualmente se concentran en las instituciones GAD-I, EMAPA-I, Emelnorte, Mercados Municipales de Santo Domingo, Amazonas y ECU911 y tienen como punto de acceso un Switch CISCO en cada entidad, posteriormente todo este tráfico generado es transportado por la red de fibra óptica oscura hacia un receptor del ECU 911 utilizando un interfaz 1 Gbps,

El otro sistema de video corresponde a cámaras de vigilancia de tránsito, este sistema posee su propia red de anillos de fibra óptica propiedad del GAD-I que igualmente son concentrados en los switches CISCO, para posteriormente ser transmitidos por la red principal de fibra óptica hacia el edificio de Cuerpo de Bomberos - Transito, que es el sitio donde se realiza el monitoreo de estos servicios.

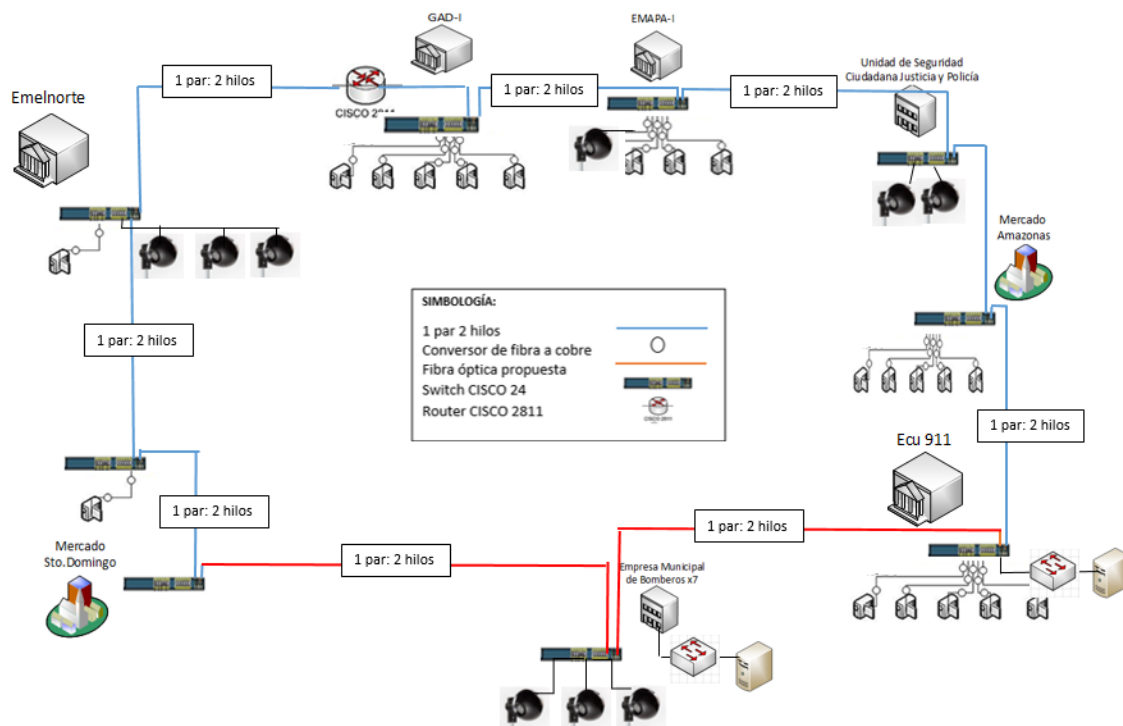


Figura 95. Situación Actual del enlace de FO del GAD-I.

Fuente: información de TICS.

Las limitantes obtenidas en el proceso de recolección de datos sobre el nivel de tráfico generado por estas cámaras fue importante ya que por su alto grado de seguridad no me fue permitido el acceso ni el monitoreo real de tráfico cursante, sin embargo se me facilitó toda la información técnica de estas cámaras para un completo análisis del cálculo de la capacidad de canal requerida para la transmisión de video tanto en las cámaras PTZ como en las de vigilancia de transporte, entregándonos como resumen una capacidad de 1.75 Mbps para las PTZ y 0.72 Mbps para las cámaras de vigilancia de tránsito. Adicionalmente, en base a la información descrita por el personal técnico del GAD-I, sobre el detalle del número de cámaras instaladas y la proyección de la instalación que actualmente se lleva a cabo en el transcurso del primer trimestre del año en curso, se presenta la siguiente, Tabla 43:

Tabla 43. Resumen de Matriz de tráfico de Video.

CONCENTRADOR	TIPO DE CAMARA	CAPACIDAD DE CANAL REQUERIDO POR CADA CAMARA [Mbps]	NUMERO DE CAMARAS EXISTENTES	NUMERO DE CAMARAS PROYECTADAS PARA EL 1er SEMESTRE 2015	CAPACIDAD TOTAL DEL CANAL REQUERIDA [Mbps]
GAD-I	PTZ AXIS Q6032-E	1,75	6	2	28,4
	TrafiCam	0,72	15	5	

EMAPA-I	PTZ AXIS Q6032-E	1,75	3	3	19,86
	TrafiCam	0,72	6	7	
SEGURIDAD CIUDADANA	PTZ AXIS Q6032-E	1,75	0	8	19,76
	TrafiCam	0,72	6	2	
MERCADO AMAZONAS	PTZ AXIS Q6032-E	1,75	3	7	23,98
	TrafiCam	0,72	7	2	
MERCADO STO. DOMINGO	PTZ AXIS Q6032-E	1,75	1	3	15,64
	TrafiCam	0,72	8	4	
ECU 911	PTZ AXIS Q6032-E	1,75	5	1	22,02
	TrafiCam	0,72	8	8	
BOMBEROS - TRANSITO	PTZ AXIS Q6032-E	1,75	0	5	18,83
	TrafiCam	0,72	12	2	
EMELNORTE	PTZ AXIS Q6032-E	1,75	1	2	13,89
	TrafiCam	0,72	7	5	

Fuente: Propia.

La matriz del tráfico de video generada para esta transmisión involucra a todas las instituciones colaboradoras y el GAD-I ya que estas son centros de acopio de las cámaras y los puntos de entrega de este tráfico con las instituciones del ECU911 para las cámaras PTZ y el Cuerpo de Bomberos – Transito para la cámaras de control de tránsito, en base a este detalle se genera la siguiente matriz de video, Tabla 44:

Tabla 44. Matriz de video.

		INSTITUCIONES QUE MONITOREAN LAS SEÑALES DE VIDEO	
		ECU911	BOMBEROS - TRANSITO
INSTITUCIONES QUE RECEPTAN LA SEÑALES DE VIDEO	EMAPA - I	X	X
	SEGURIDAD CIUDADANA	X	X
	MERCADO STO. DOMINGO	X	X
	MERCADO AMAZONAS	X	X
	BOMBEROS - TRANSITO	X	X
	ECU911	X	X
	EMELNORTE	X	X
	GAD-I	X	X

Para el análisis de la capacidad de tráfico requerida en cada institución se consideran 2 opciones de contenedores virtuales en las capacidades de VC-12 (2

Mbps) y VC-3 (45 Mbps), tomando en cuenta que si se desea transmitir un determinado valor de bytes este puede ser almacenado por uno o varios contenedores, es decir que si se desea transmitir 40 Mbps, este puede ser realizado a través de un contenedor VC-3 o 20 contenedores VC-12, la diferencia radica en el número de cross conexiones que se generen para dicho servicio.

Para simplificar el cálculo y considerar un índice de crecimiento gradual ya que el GAD-I conjuntamente con el departamento de Seguridad Ciudadana están trabajando en numeroso proyectos para incrementar el control y seguridad de la ciudad a través de más cámaras de monitoreo, me he visto en la necesidad de utilizar contenedores VC-3 dejando un considerable margen de trafico disponible para que el impacto de inserción de nuevo equipamiento de monitoreo no afecte al crecimiento de la red. A continuación se detalla los valores antes indicados, mediante la Tabla 45:

Tabla 45. Matriz de cross conexión de video.

Sitios Receptores de Video	Sitios de Monitoreo	Número de Cámara totales entre instaladas y Proyectadas	Capacidad de datos por cada canal de video [Mbps]	Capacidad Total de datos Requeridos [Mbps]	Contenedor Virtual GFP Ethernet sobre SDH (EoSDH)		Rendimiento de ocupación del contendor
					Contenedor Virtual	Capacidad del Contenedor [Mbps]	
EMAPA - I	ECU911	8	1,75	28,4	1 VC-3	45	63,1%
	BOMBEROS - TRANSITO	20	0,72				
SEGURIDAD CIUDADANA	ECU911	6	1,75	19,86	1 VC-3	45	44,1%
	BOMBEROS - TRANSITO	13	0,72				
MERCADO STO. DOMINGO	ECU911	8	1,75	19,76	1 VC-3	45	43,9%
	BOMBEROS - TRANSITO	8	0,72				
MERCADO AMAZONAS	ECU911	10	1,75	23,98	1 VC-3	45	53,3%
	BOMBEROS - TRANSITO	9	0,72				
BOMBEROS - TRANSITO	ECU911	4	1,75	15,64	1 VC-3	45	34,8%
	BOMBEROS - TRANSITO	12	0,72				
ECU911	ECU911	6	1,75	22,02	1 VC-3	45	48,9%
	BOMBEROS - TRANSITO	16	0,72				
EMELNORTE	ECU911	5	1,75	18,83	1 VC-3	45	41,8%
	BOMBEROS - TRANSITO	14	0,72				

GAD-I	ECU911	3	1,75	13,89	1 VC-3	45	30,9%
	BOMBEROS - TRANSITO	12	0,72				

Fuente: Propia.

Como se puede observar en esta tabla indicada, existe un sobre dimensionamiento del tráfico de datos en los switch adquiridos por el GAD-I, ya que cada uno de estos switches utiliza interfaces de 1 Gbps sobre fibras oscuras llevando capacidades de trafico Ethernet inferiores a los 200 Mbps. Como parte del proceso de optimización de la red se genera el siguiente diseño sobre sistemas SDH, creando canales de comunicación sobre contenedores 1 VC-3 equivalente a 45 Mbps sobre interfaces SDH, de esta manera se busca incrementar la eficiencia del canal de transmisión y dar apertura a la inserción de más servicios sobre este medio.

Como parte fundamental de este diseño se considera la arquitectura en anillo, brindando un control real y más robusto en el caso de algún incidente de corte de fibra óptica, lo que ayudaría a que las comunicaciones no sean suspendidas y que las instituciones de control y monitoreo tengan acceso constante a estos servicios, para ello se dispone de dos mecanismo de protección en anillo MSP Ring y SNCP, que pueden ser configurados en la red SDH en base a las necesidades específicas del GAD-I. Adicionalmente en el Anexo C.3.3.2, se establecen a detalle sus principales características.

A continuación se detalla el diagrama SDH diseñado y la matriz de cross conexiones de los servicios de video, en la siguiente Figura 96:

Tabla 46. Diagrama de cross conexión y protección para los servicios de video.

VC-3	GAD-I	EMAPA - I	SEGURIDAD CIUDADANA	MERCADO AMAZONAS	ECU911	BOMBEROS - TRANSITO	MERCADO STO DOMINGO	EMELNORTE	GAD-I	
1		MAIN					PROTECTION			
2		MAIN					PROTECTION			
3		MAIN					PROTECTION			
4		MAIN					PROTECTION			
5		MAIN					PROTECTION			
6		MAIN					PROTECTION			
7		MAIN					PROTECTION			
8		MAIN					PROTECTION			
9		MAIN					PROTECTION			
10							PROT		MAIN	
11							PROTECTION			MAIN
12							PROTECTION			MAIN
13							PROTECTION			MAIN

Fuente: Propia.

3.3. Arquitectura de Red SDH y conectividad de servicios

De los resultados obtenidos en el estudio de las matrices de tráfico tanto de Voz como de Datos se puede verificar que sus capacidades son pequeñas comparadas con el tráfico generado en los servicios de video.

Analizando el caso más crítico de ocupación de canal, tomamos como referencia al sistema de video vigilancia, específicamente a la transmisión de video desde la estación de del ECU911 hacia Bomberos Transito, ya que si el enlace es normal su transmisión es directa y de baja capacidad, pero si se generara un incidente de corte de fibra óptica, la ruta de protección entraría en funcionamiento y con esta transmisión se cambiaría el curso de todas las estaciones de otro lado del anillo, cursando una capacidad total de 6 VC-3, aproximadamente 270 Mbps.

En base a este cálculo podemos indicar que con un interfaz SDH de línea con capacidad de 1 STM – 4 (622 Mbps) se podría administrar la red de forma holgada y eficiente, considerando los valores de crecimiento poblacional para el incremento de los servicio de datos y tomando en cuenta un crecimiento

progresivo de los sistemas de video vigilancia. Para ello se sugiere la siguiente arquitectura de red, Figura 97:

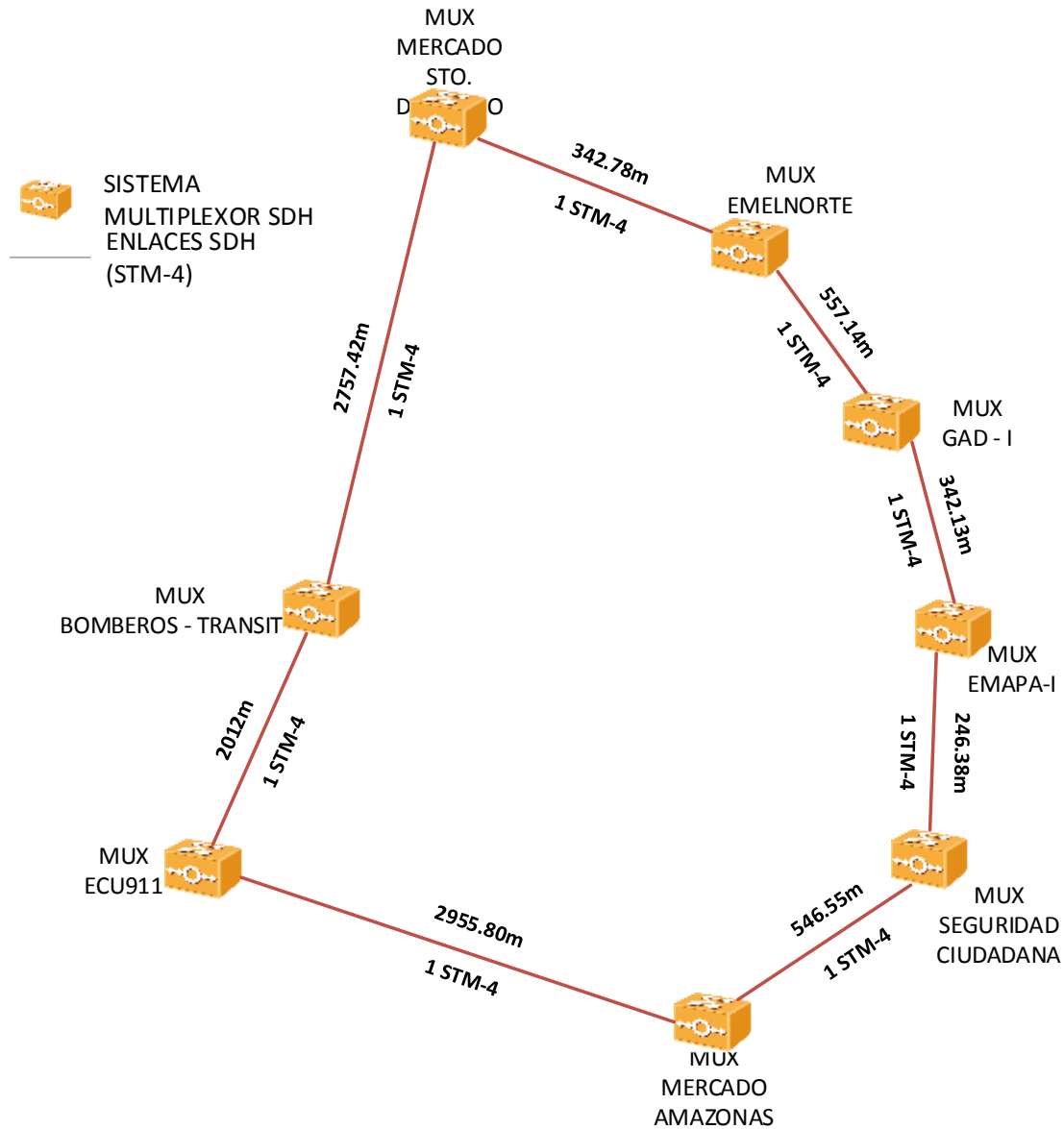


Figura 97. Arquitectura de red SDH STM-4, propuesta.

Fuente: Propia.

3.3.1. Link Budget de la red SDH.

Para este análisis se toma en cuenta las distancias y los niveles de atenuación existentes en cada tramo de la red de fibra óptica existente, debido a que en el GAD-I no se dispone de documentación sobre las trazas de OTDR

para estos tramos, se toma matemáticamente un factor del 25% de la distancia como margen de atenuación de la misma, este factor es utilizado habitualmente en el diseño de redes de fibra óptica, en este valor se concentra los niveles de atenuación de la fibra óptica entregada por cada fabricante y se estima un valor promedio en las atenuaciones causadas por las fusiones intermedias. A continuación se presenta el análisis de cálculos en la siguiente Tabla 47:

Tabla 47. Link Budget.

Sitio Inicial	Sitio Final	Distancia [m]	Atenuación [dB]	Perdidas en Conectores 0.5 dB en cada extremo	Interfaz SDH STM-4	Potencia de Transmisión [dBm]		Sensibilidad SDH [dBm]	Margen de desvanecimiento [dB]
						Rango	Valor Crítico		
GAD-I	EMAPA - I	342,13	0,09	1	S - 4.1	-15 to -8	-15,00	-28	-16,09
EMAPA - I	SEGURIDAD CIUDADANA	246,38	0,06	1	S - 4.1	-15 to -8	-15,00	-28	-16,06
SEGURIDAD CIUDADANA	MERCADO AMAZONAS	546,55	0,14	1	S - 4.1	-15 to -8	-15,00	-28	-16,14
MERCADO AMAZONAS	ECU911	2955,8	0,74	1	S - 4.1	-15 to -8	-15,00	-28	-16,74
ECU911	BOMBEROS - TRANSITO	2012	0,50	1	S - 4.1	-15 to -8	-15,00	-28	-16,50
BOMBEROS - TRANSITO	MERCADO STO. DOMINGO	2757,42	0,69	1	S - 4.1	-15 to -8	-15,00	-28	-16,69
MERCADO STO. DOMINGO	EMELNORTE	342,78	0,09	1	S - 4.1	-15 to -8	-15,00	-28	-16,09
EMELNORTE	GAD-I	557,14	0,14	1	S - 4.1	-15 to -8	-15,00	-28	-16,14

Fuente: Propia.

A continuación se detalla los cálculos realizados:

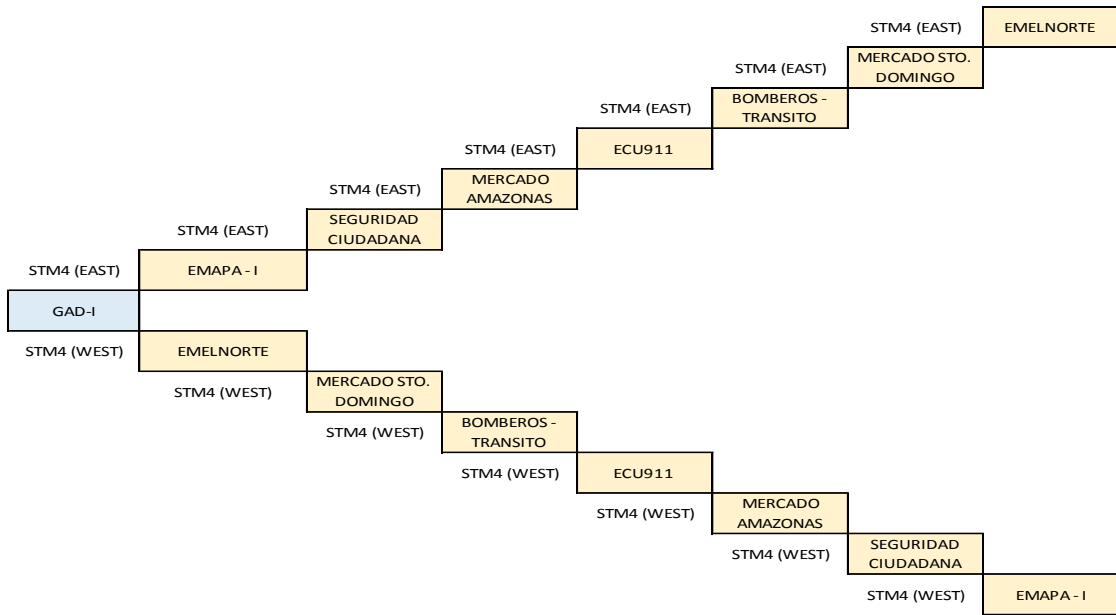
- **Atenuación.** Este valor es obtenido como el criterio del 25% de la distancia del tramo de fibra óptica en unidades de kilómetros.
- **Perdidas en Conectores 0.5 dB en cada extremo.** Este valor es considerado por los patch Cords de fibra óptica que se utilizan en la conexión desde el ODF de línea hacia las tarjetas de conectividad STM-4.
- **Interfaz SDH STM-4,** acorde a la normativa ITU-T G.957 se escoge al interfaz óptico S-4.1 que presenta características de funcionamiento sobre distancia entre 0 a 15 Km referidas a un rango de potencia de transmisión de -15 to -8 dBm y una sensibilidad de -28 dBm.
- **Margen de desvanecimiento,** es el valor generado en las pérdidas del medio y conectores que sufre la potencia de transmisión, en este caso sería

la potencia de transmisión del interfaz SDH menos el valor de la atenuación y pérdidas en conectores, en este punto se debe considerar que este valor de desvanecimiento tenga suficiente diferencia con la sensibilidad, debido a que de esta manera se garantiza que si existiera reparaciones de fibra óptica y los niveles de atenuación se incrementen, no cause ningún problema en la conectividad de los enlaces.

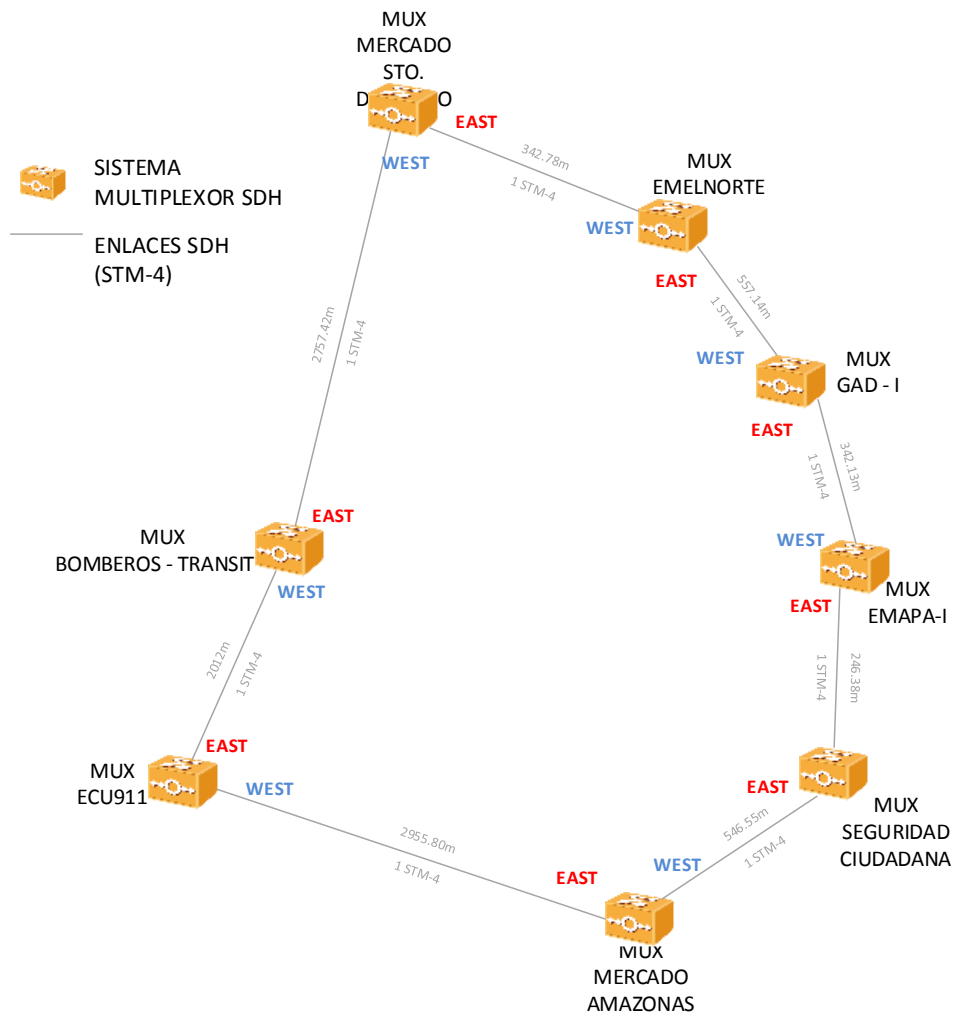
3.4. Sincronismo de red SDH

Además de las consideración descritas en el Anexo E. El sincronismo en una red SDH es un factor importante para el control en la transmisión de bits, ya que esta debe poseer una señal de reloj que sincronice todas las tramas SDH que se transmiten por toda la red, para ello los equipos SDH analizados en este estudio disponen de sistemas autónomos de generación de reloj en cada módulo.

Para este análisis se tomará al MUX del GAD-I como fuente de control y la gestión principal de todo este equipamiento, para ello se configurará este equipo como la fuente de generación de reloj master, mientras que los equipos del resto del anillo tomaran como sincronía el reloj que provea este MUX. Se debe indicar que el reloj es transmitido en las interfaces de línea SDH, es decir que el sincronismo se lo llevará por las interfaces STM-4 y de debe configurar a los equipos remotos que la entrada de reloj sean los provenientes de la fuente, tal como se presenta en los siguientes diagramas, como se observa en la Figura 98 (a) (b):



(a)



(b)

Figura 98. (a) (b) Diagrama de Sincronización.

Fuente: Propia.

3.5. Equipamiento SDH-WDM.

La demanda de nuevos servicios de comunicaciones que brinden al usuario una mayor rentabilidad en sus redes con un alto nivel de optimización en sus recursos físicos, ha generado un crecimiento muy importante en las comunicaciones, es así que empresas líderes en el mercado de desarrollo tecnológico como Huawei, Ericsson, Alcatel - Lucent, Nokia, ZTE y muchas más, compiten cada día en el desarrollo de nuevas plataformas que brinden a sus clientes un alto rendimiento en sus redes fijas y móviles.

Para este diseño analizaremos como alternativas a tres empresas de telecomunicaciones que actualmente en el Ecuador son líderes en la provisión de equipamiento de transmisión a empresas públicas como privadas, este es el caso de Huawei Technologies, ZTE de la familia ZXMP y Ericsson De la Familia OMS. Cada uno de los modelos de equipos seleccionados por cada proveedor se tomó en cuenta todos los requerimientos de capacidad y protección descritos a lo largo de CAPITULO II.

3.5.1. Corporación HUAWEI.

Huawei Technologies Co. Ltd. Fundada en 1987 por Ren Zhengfei, es una empresa privada de alta tecnología que se especializa en investigación, desarrollo (I+D), producción y marketing de equipamiento de comunicaciones y provee soluciones de redes personalizadas para operadores y servicios en la industria de telecomunicaciones.

3.5.1.1. Equipo Huawei ONS550.

Huawei Technologies presenta una extensa gama de opciones de Multiplexación SDH dependiendo de los requerimientos de capacidad y servicios, para ello disponen de sistemas de Multiplexación de baja capacidad (STM-1 a STM-4) y alta capacidad (STM-1 a STM64) integrando los servicios PDH, SDH y Ethernet

dependiendo de las necesidades y requerimientos específicos de cada proyecto, como se indica en la Figura 99:

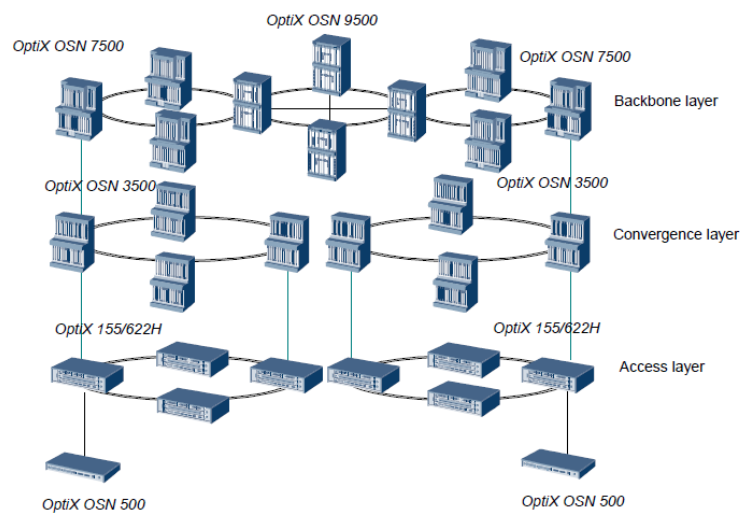


Figura 99. Esquema de equipamiento Huawei Optix.

Fuente: Hardware Description V100R006

Para este estudio se seleccionó el modelo OSN550, Figura 100, 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 100. Chasis OSN550

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

Dentro de sus principales características se pueden enumerar las siguientes, de más importancia:

- Resistente a cualquier tipo de fallos ya que tiene una protección 1+1 de forma permanente.
- Mecanismo reversible ante un fallo del servicio.
- Informes a nivel de servicios de alarmas y monitoreo de rendimiento, permitiéndole una fácil localización del fallo y reparación del mismo.
- Garantía de ancho de banda Ethernet con la ayuda de GFP y sus componentes VCAT, LCAS.

- Cada equipo tiene tres aplicaciones diferentes, para adaptarse a diferentes tipos de servicio. Modo MSTP adaptable para servicios TDM, modo híbrido necesario para sistemas TDM e IP existentes, en modo paquete para servicios de IP dominantes. Los tres modos descritos se pueden integrar de una fácil manera, con la inserción de tarjetas de servicio.

3.5.2. Corporación ZTE.

Es un proveedor de telecomunicaciones a nivel mundial, que ofrece una amplia gama de soluciones en redes de transporte, servicios inalámbricos, acceso, servicios de gestión y soluciones TIC's.

3.5.2.1. Equipo ZTE ZXMP S325.

El multiplexor ZXMP 325, posee una estructura compacta, que soporta múltiples servicios TDM, IP. Dentro de su diseño posee características a prueba de polvo, unidades de ventilación que funcionan cada una de manera independiente, además de un sistema de alarmas de pérdida, en caso de hurto del equipo. En la siguiente Figura 101, se indica su forma básica:



Figura 101. Multiplexor ZXMP 325.

Fuente: ZTE/ZXMP/S325/Datasheet

Dentro de su estructura física cuenta con múltiples ranuras de inserción, que le permiten seleccionar tarjetas de interfaz eléctrica y óptica en base a la configuración requerida, haciéndolo un equipo flexible y de fácil manejo, además de disminuir significativamente los costos de operación por su forma modular.

Características a nivel de Servicio:

EOS

- Servicios Soporte EPL / EVPL / de EPLAN / EVPLAN
- Apoyar el VC-12-Xv / VC-3-Xv / VC-4-Xv, LCAS, y las buenas prácticas agrarias
- Soporta conmutación L2 basado en VLAN
- Soporte RSTP / MSTP.

OAM

- Apoyo interfaz del teléfono de alambre orden y la interfaz de TKR
- Interfaz de datos Soporte F1 co-direccional con la tasa de 64 Bit / s
- Soporte Qx y la interfaz de LCT
- Programación Cruz de la sobrecarga
- Apoya la TCM de caminos de alto orden (HP-TCM)

WDM

- Soporta las funciones de división de longitud de onda, con funciones de inserción / extracción de las señales ópticas orden de longitud de onda

Sincronización

- Ofrece cuatro 2.048Mbit / s o reloj 2,048 MHz interfaz externa
- Apoya conmutación de prioridad de sincronización y SSM -basado cambio automático
- Apoya la "tecnología de la patente algoritmo byte S1" desarrollado por ZTE

Las principales características del equipo a nivel técnico se describen a detalle en la siguiente, Tabla:

Estructura de tarjetas

Las tarjetas de interfaz funcional de servicio al no contar con un panel frontal, tienen palancas con función de bloqueo, que se insertan en la parte izquierda del subrack, como se indica en la Figura 102, con la tarjeta OCS4.

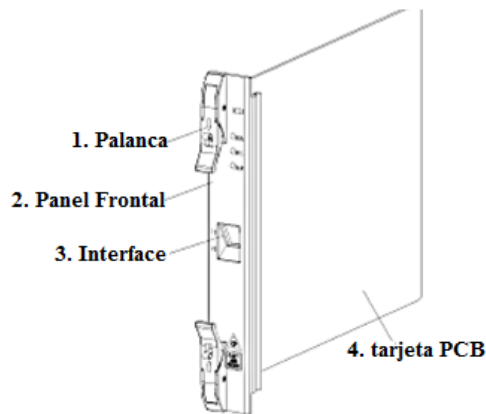


Figura 102. Tarjeta óptica OCS4.

Fuente: ZXMP S325 V2 Hardware Description

Las tarjetas se clasifican en dos partes fundamentales:

- **Tarjetas de Interfaz óptica que son:** OIS1x1, OIS1x2, OIS1x4, OIS4x1, OIS4x2, OCS4, OCS16.
- **Tarjetas de Interfaz eléctrica,** que son: BIS1, ESS1x2, BIE3x3, ESE3x3, EIFEx4, BIFE.

Las definiciones de cada una de las tarjetas ópticas y eléctricas se describen a detalle en el Anexo J.

3.5.3. Corporación Ericsson.

Las múltiples soluciones que contribuyen al éxito de la empresa de telecomunicaciones Ericsson, a través de los servicios de software e infraestructura, permiten ampliar el rango de soluciones de la empresa en las redes de transmisión, con la ayuda de equipos multiplexores SDH, de la serie OMS 1660.

3.5.3.1. Equipos OMS1664.

Esta nueva serie de equipos, permiten simplificar considerablemente la red, logrando entregar servicios de manera rápida y eficaz. Tiene la capacidad de

actualización de servicio a 10, 20, 60Gbps. Disminución considerable de costos de inversión por medio de la reducción de capas de red, además de tarjetas de línea con capacidad de hasta unSTM-64. Ofrece mejores en los servicios TDM y transporte de servicios Ethernet, IP, en un solo equipo de transmisión, acorde a la Figura 103.



Figura 103. Multiplexor OMS 1664.

Fuente: <http://www.kaliaren.com/download/MarconiOMS1600.pdf>

Características principales:

- Capacidad de transmitir a velocidades agregadas de un STM-1 hasta 1-STM-64.
- Soporta interfaces para CWDM y DWDM.
- Interfaces configurables para el aumento o disminución de la capacidad, por ejemplo de un STM-4 a un STM-16, sin necesidad de cortar el servicio.
- Soporta topologías en forma lineal, anillo, malla y en estrella.
- para el tráfico de datos a través de aplicaciones SDH basado en Fast Ethernet, Gigabit-Ethernet, ESCON, FICON, Fibre Channel.
- Compatible con los mecanismo de proteccion MSP, MS-Spring, SNCP.
- Arquitectura del sistema altamente protegido con conmutación de protección y sistema de reloj.
- Todas las tarjetas son de acoplamiento activo es decir, una tarjeta se puede quitar y se inserta en el servicio sin perjudicar el tráfico actual y se puede configurar desde un terminal local o remoto de inmediato.

- Además cada tarjeta soporta el acceso totalmente frontal a todos los conectores. Algunos conectores se encuentran directamente en la parte frontal de la tarjeta, otras son accesibles a través de la licencia de uso asociado.

Una de las principales características de la familia OMS 1664, es que ofrece un equipo principal cuando se necesite altas capacidad de transmisión de servicios, mientras que cuando los servicios son de nivel más bajo se utiliza los OMS de forma compacta, conocidos como el OMS 1654.

Una vez que se determinó, todas y cada una de las características principales de los equipos OSN 550, ZXMP S325 y el OMS1664, se estable la siguiente Tabla 48:

Tabla 48. Tabla Comparativa de Equipos.

CUADRO COMPARATIVO			
MODELO DE EQUIPO MULTIPLEXOR	HUAWEI OSN 550	ZTE ZXMP S325	ERICSSON OMS 1664
Interfaz de servicio	STM-16/4/1, E1/E3/T1/T3,FE/GE, EoPDH, interfaces MSTP , E1, FE/GE/10GE	STM-16/4/1, STM-1 (O), STM-1 (E), E3, T3, E1, T1, FE, GE.	STM-64, STM-16, STM-4, STM-1 (O), STM-1 (E), E3, T3, E1, T1, FE, GE
Esquema de proteccion soportado	1+1, 1:1, MSSPring2/4, Nodo de Interconexión doble (DNI), (SNCP), LAG, RSTP.	1+1, 1:1, MSSPring2/4, Nodo de Interconexión doble (DNI), (SNCP).	1+1, 1:1, MSSPring2/4, SNCP.
MTBF MTTR	>421882h / <1h	>229424.4h / <2h	Sin especificar
Capacidad de Conmutación	Packet: 60 Gbit/s TDM: 20 Gbit/s (high order), 5 Gbit/s (low order)	Cruzada de alta resolución de 128 × 128VC4 y cruzada de orden inferior de 2016 × 2016VC12	Sin especificar
Conector Óptico	LC/PC	LC/PC	LC/PC
Requisitos de entorno de funcionamiento	Temperatura: a largo plazo: 0°C a 45°C. Humedad: 10% a 90%.	Temperatura de trabajo: -5 °C ~ 45 °C Humedad de trabajo: 5% ~ 95%	Temperatura de trabajo: -5 °C ~ 45 °C Humedad de trabajo: 5% ~ 95%

	Temperatura a corto plazo: -5°C a 55°C Humedad: 5% a 95%.		
Fuente de alimentación DC/AC	-72 to -38.4 V DC; 110/220 V AC	Valor de la tensión nominal: -48 VCC / + 24V Alcance: -57VDC ~ - 40VDC / + 16VDC ~ + 32VDC	Valor de la tensión nominal: -48 VCC a - 60VDC nominal
Número de ranuras de servicio	6	10	16
Peso	Sin tarjetas ni ventilador: 2,78 kg. Configuración típica: 5,8 kg	<9 kg	Sin especificar
Tamaño (altura x ancho x profundidad)	88 mm (H) x 442 mm (W) x 220 mm (D)	221.5mm x 482.6mm x 270 mm	280.5mm x 450mm x 111 mm

Fuente: del Autor.

3.6. Huawei OSN 550.

Una vez realizada la comparación de equipos, se determinó que la tecnología que más beneficios presenta para el diseño, es la del Multiplexores Huawei, ya que actualmente es la empresa predominante en nuestro país, ocupando más del 85 % del mercado, por lo que tanto el multiplexor como sus tarjetas son más económicas y presentan muchas más soluciones a nivel de transporte. Se analizara más a detalle sus características a nivel físico y lógico:



Figura 104. Chasis OSN550

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

La arquitectura de este equipo se detalla a continuación en base al diagrama de tarjetería entregado por el fabricante, Figura 105:

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

Figura 105. Distribución de slots OSN550.

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006.

- **Tarjetas de Control, Sincronía y Cross Conexión.**

Estas tarjetas permiten el control y funcionamiento de todas las tarjetas 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. Para este análisis únicamente ocuparemos las tarjetas TDM ya que nuestro estudio se encuentra enfocado en los sistemas SDH, sin embargo se debe considerar que este equipo permite migrar fácilmente de tecnología dependiendo de los niveles de crecimiento de la red. Estas tarjetas son ubicadas únicamente en los slots 7 y 8.

Las tarjetas que trabajan en modo TDM son de la familia CXL y se presentan en los siguientes modelos detallados acorde a la capacidad de procesamiento de sus puertos de servicios, como los que se indican en la Tabla 49:

Tabla 49. Version del CXL.

Tipo de tarjeta	Puertos disponibles	Tipo de puerto óptico
TNM1CXL1	1 puerto 1x STM-1 óptico / eléctrico	Puerto óptico: S-1.1, L-1.1, L-1.2. Puerto eléctrico: puerto eléctrico SFP.
TNM1CXL4	1 puerto óptico 1x STM-4	S-4.1, L-4.1, L-4.2
TNM1CXL16	1 puerto óptico 1x STM-16	S-16.1, L-16.1, L-16.2

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description

A continuación se presente el diagrama frontal de la tarjeta CXL, en esta se puede visualizar los indicadores led: STAT (Status de operación), PROG (Programación de la configuración de la tarjeta), SYNC (Sincronía del sistema), SRV (alarma visual de los servicios), ACT (Status de funcionamiento activo o backup) y LOS (Identificador de enlace con sitio remoto). Adicionalmente dispone de dos puertos Ethernet NMS1/COM y EXT el uno es utilizado para fines de gestión

y el otro es reservado para opciones de programación especial. Finalmente se puede identificar el módulo óptico SFP TX/RX el cual define la capacidad del enlace, este puede ser de STM-1, SMT-4 y STM-16, como se observa en la Figura 106:

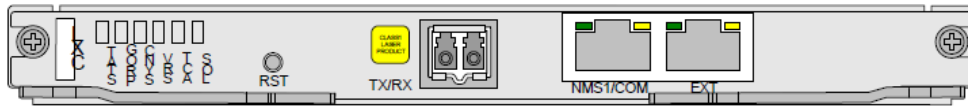


Figura 106. Panel frontal CXL

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

Las características físicas de los interfaces ópticos se detallan en las Tablas 50, 51 y 52:

a. Puerto óptico STM-1

Tabla 50. Especificaciones del STM-1.

Elemento	Valor		
Velocidad nominal	155520 kbit/s		
Tipo de puerto óptico	S-1.1	L-1.1	L-1.2
Distancia de transmisión	15	40	80
Rango de longitud de onda (nm)	1261 a 1310	1263 a 1360	1480 a 1580
Tipo de fibra óptica	Monomodo-Modo LC	Monomodo-Modo LC	Monomodo-Modo LC
Rango de potencia óptica	-15 a -8	-5 a 0	-5 a 0
Sensibilidad de recepción (dBm)	-28	-34	-34
Sobrecarga mínima	-8	-10	-10

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

b. Puerto óptico STM-4

Tabla 51. Especificaciones del STM-4.

Elemento	Valor		
Velocidad nominal	622080 kbit/s		
Tipo de puerto óptico	S-4.1	L-4.1	L-4.2

Distancia de transmisión	15	40	80
Rango de longitud de onda (nm)	1274 a 1356	1280 a 1335	1480 a 1580
Tipo de fibra óptica	Monomodo-Modo LC	Monomodo-Modo LC	Monomodo-Modo LC
Rango de potencia óptica	-15 a -8	-3 a +2	-5 a +2
Sensibilidad de recepción (dBm)	-28	-28	-28
Sobrecarga mínima	-8	-8	-8

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

c. Puerto óptico STM-16

Tabla 52. Especificaciones del STM-16.

Elemento	Valor		
Velocidad nominal	2488320 kbit/s		
Tipo de puerto óptico	S-16.1	L-16.1	L-16.2
Distancia de transmisión	15	40	80
Rango de longitud de onda (nm)	1260 a 1360	1280 a 1335	1500 a 1580
Tipo de fibra óptica	Monomodo-Modo LC	Monomodo-Modo LC	Monomodo-Modo LC
Rango de potencia óptica	-5 a 0	-2 a +3	-2 a +3
Sensibilidad de recepción (dBm)	-18	-27	-28
Sobrecarga mínima	0	-9	-9

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

d. Puerto óptico STM-1/ STM-4/ STM-16 (Módulo CWDM)

Este caso especial de SFP permite utilizar interfaces SDH de STM-1 a STM-16 configurados con una longitud de onda específico para que pueda ser utilizado en sistemas CWDM, Tabla 53:

Tabla 53. Especificaciones del SDH – CWDM

Parámetro	Valor CWDM
Velocidad Nominal	155,520 kbit/s (STM-1), 622,080 kbit/s (STM-4), 2,488,320 kbit/s (STM-16)
Tipo de fibra óptica	Monomodo-modo LC

Distancia de transmisión	40	80
Rango de potencia óptica (dBm)	0 a 5	0 a 5
Longitud de onda de funcionamiento (dBm)	1471 a 1611	1471 a 1611
Sensibilidad del receptor (dBm)	-19	-28
Sobrecarga mínima (dBm)	-3	-9

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006.

e. Puerto óptico STM-16 (Modulo DWDM Module)

Este caso especial de SFP permite utilizar interfaces SDH STM-16 configurados con una longitud de onda específico para que pueda ser utilizado en sistemas DWDM, Tabla 54:

Tabla 54. Especificaciones de SDH – DWDM.

Parámetro	Valor
	DWDM
Velocidad Nominal	2,488,320 kbit/s
Tipo de fibra óptica	Monomodo-modo LC
Distancia de transmisión	120
Rango de potencia óptica (dBm)	-1 a +3
Sensibilidad del receptor (dBm)	± 10
Sobrecarga mínima (dBm)	-28

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

- **Tarjetas de Energía.**

Este equipamiento dispone de dos tipos de tarjetas que distribución de -48 VDC al sistema, adicionalmente se colocan 2 unidades en cada equipo lo que proporciona una redundancia en el caso de un mal funcionamiento para hacer más robusto el sistema contra problemas de energía.

El primer tipo de tarjeta son las PIU, estas toman la energía DC desde un sistema de rectificación externo de -60 a -48 VDC, consecuentemente estabiliza dicha señal y suministra de voltaje DC a las tarjetas del equipo SDH para su normal funcionamiento. Por otro lado, el otro tipo de tarjetas de energía APIU, reciben una señal AC de 110 a 120 VAC y lo convierten a energía DC para suministrar de

-53.3 VDC a las tarjetas de equipamiento SDH. A continuación se muestran las tarjetas mencionadas en la Figura 107 y 108:

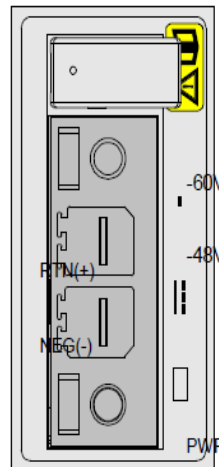


Figura 107. Distribución PIU

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

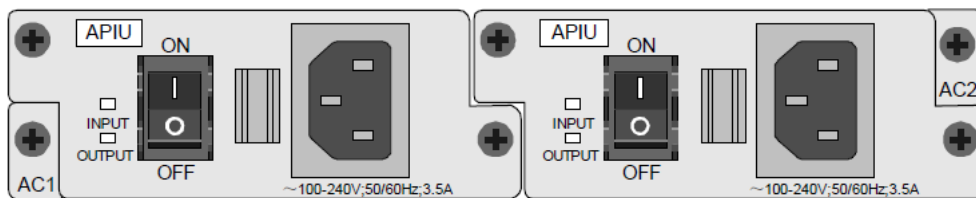


Figura 108. Distribución de APIU.

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

- **Tarjetas de ventilación.**

Estas tarjetas permiten controlar la temperatura del equipo SDH a través de la activación de un sistema de ventilación, dispone de un mecanismo inteligente de velocidad en los ventiladores que es activado acorde al nivel de temperatura existente en el interior del equipo. Adicionalmente esta tarjeta dispone de identificadores de alarmas que ayuda de forma visual a identificar las alarmas del sistemas, estas pueden ser CRIT (Críticas que influyen en las tarjetas o enlaces), MAJ (Mayores que involucran problemas de funcionalidades del equipo o servicios) y MIN (Menores que afectan a servicios).

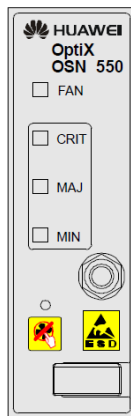


Figura 109. Distribución de FAN.

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

- **Tarjetas de Servicio.**

Estas tarjetas son de gran variedad debido a que existe una extensa línea de servicios tanto PDH (E1, T1), SDH (STM-1 to STM-4) y Ethernet (EoS), debido a las características físicas del proyecto estudiado, los servicios que actualmente se están utilizando en el GAD-I y las instituciones colaboradoras únicamente se va a examinar las tarjetas Ethernet, ya sean estas con interfaces Fast Ethernet (100 Mbps) y Giga Ethernet (1000 Mbps).

La tarjeta Fast Ethernet, Figura 110, que dispone este modelo de equipo SDH es EFS8, esta provee el procesamiento y conmutación de 8 puertos Fast Ethernet, encapsulando en contenedores virtuales capacidades de 63 x VC-12, 3 x VC-3 o 1 x VC-4. Por otro lado soporta los servicios transparentes en los estándares 802.1b (bridge), 802.1q (VLANs) y 802.1ad (QinQ). Adicionalmente maneja MTU que van en el rango de 1518 a 9600 bytes. Con la ayuda de la Tabla 55, se muestra la distribución y sus especificaciones básicas:



Figura 110. Distribución EFS8.

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

Tabla 55. Especificaciones del EFS8.

Servicio del puerto	Velocidad del puerto	Tipo de puerto
Puerto electric Fast Ethernet	10BASE-T	RJ-45
	100BASE-TX	

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

El modelo de tarjeta con interfaz Giga Ethernet es la EGT1, esta dispone de un puerto 1 Giga Ethernet que puede trabajar tanto con interfaces ópticos (1000BASE-SX/1000BASE-LX/1000BASE-VX/1000BASE-ZX) como también con interfaces eléctricos (1000BASE-T RJ-45), de similar forma que la tarjeta Fast Ethernet, esta permite encapsular virtualmente capacidades de 63 x VC-12, 24 x VC-3 o 8 x VC-4, de similar forma soporta los estándares 802.1b (bridge), 802.1q (VLANs), 802.1ad (QinQ) y posee una capacidad de procesamiento de 1518 a 9600 bytes de MTU. En la Figura 111 se presenta la tarjeta, seguido de las especificaciones eléctricas en la Tabla 56 y las especificaciones ópticas en la Tabla 57:



Figura 111. Distribución de EGT1
Optix OSN550 Hardware Description V100R006

Tabla 56. Especificaciones eléctricas de EGT1.

Servicio del puerto	Velocidad del puerto	Tipo de puerto
Puerto eléctrico GE	1000 BASER-T	RJ-45

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006.

Tabla 57. Especificaciones ópticas del EGT1.

Descripción	Valor			
Tipo de puerto óptico	1000BASE-SX	1000BASE-LX	1000BASE-VX	1000BASE-ZX
Fibra óptica	Multimodo- .modo LC	Monomodo- modo LC	Monomodo-modo LC	Monomodo- modo LC
Distancia de transmisión (km)	0.5	10	40	80
Longitud de onda (nm)	770 to 860	1270 to 1355	1270 to 1355	1500 to 1580
	-9.5 to -2.5	-9 to -3	-5 to 0	-2 to +5

Rango de potencia (dBm)				
Sensibilidad mínima de recepción (dBm)	-17	-20	-23	-23
Sobrecarga mínima (dBm)	0	-3	-3	-3

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

- **Tarjetas de conectividad de Línea.**

Estas tarjetas pueden ser usadas para conectar equipos remotos con capacidades interiores STM-1 y STM-4 dependiendo de las necesidades y requerimientos de los servicios a integrar, para ello se disponen de 3 tipos:

- a. SL1D

Esta tarjeta permite el procesamiento de 2 interfaces eléctrico / ópticas de STM-1

- b. SL1Q

Esta tarjeta permite el procesamiento de 4 interfaces eléctrico / ópticas de STM-1

- c. SL4D

Esta tarjeta permite el procesamiento de 2 interfaces ópticas STM-4

- **Tarjetas WDM**

El OSN550 dispone propiedades no únicamente SDH, sino que adicionalmente dispone de tarjetería WDM que permite un crecimiento a mediana escala para la optimización de recursos físicos como lo son los hilos de fibra óptica. La tarjeta en mención se llama DMD2, esta provee de dos puertos sean estos CWDM o DWDM para un sentido East y West en la transmisión y a cada uno se encuentra asociado dos puertos Add/Drop para la inserción de servicios tributarios, ya sean estos SDH o Giga Ethernet que sean encapsulados en una OTU. A continuación se muestra la parte frontal de la tarjeta, Figura 112, así como las especificaciones fundamentales, presentes en la Tabla 58:

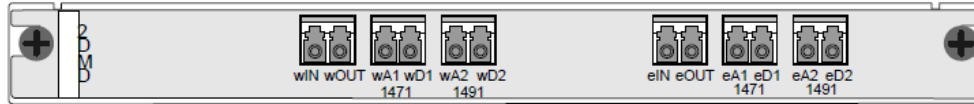


Figura 112. Distribución de DMD2.

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

Tabla 58. Especificaciones de DMD2 CWDM.

Puerto óptico	Descripción	Valor
	Longitud de onda de funcionamiento	1471 to 1611
	Espaciamiento de canal óptico (nm)	20
eIN-eD1	Anchura espectral 1.0dB	≥ 13.0
eIN-eD2	Perdida de inserción en el canal (dB)	< 1.5
wIN-wD1	Aislamiento del canal adyacente	> 30
wIN-wD2	Aislamiento del canal no adyacente	> 40
eA1-eOUT	Anchura espectral 1.0 (nm)	≥ 13.0
eA2-eOUT		
wA1-wOUT		
wA2-wOUT		
wIN-eOUT	Perdida de inserción en el canal (dB)	< 1.5
eIN-wOUT		
	Perdida de inserción (dB)	< 2.2

Fuente: Optix OSN550 Hardware Description V100R006

3.6.1. Equipamiento SDH Huawei requerido

En base a la arquitectura de red SDH analizada, y el equipamiento Huawei OSN550 se especifica la tarjetería acorde a los requerimientos de servicio del diseño:

- Conectividad de línea con capacidad STM-4, para ello se escoge 2 tarjetas CXL4 en cada sistema multiplexor OSN550, Figura 106. Estas tarjetas presentaran la capacidad de cross conexión y control requeridas, adicionalmente disponen de 2 interfaces de líneas STM-4 que servirán para la conectividad hacia los sitios remotos.
- Acceso de servicios para tributarios eléctricos, para proveer los servicios de datos y accesos telefónicos, se utilizará la tarjeta EFS8 que dispone de 8 puertos Fast Ethernet, Figura 110.
- Acceso de servicios para tributarios ópticos, para la conectividad con lo switch existentes encargados del transporte del tráfico de video se

utilizarán las tarjetas Giga Ethernet EGT1, Figura 111. El puerto óptico tendrá un SFP LX.

El detalle del equipamiento por sitio se detalla en la Tabla 59:

Tabla 59. Resumen de equipamiento OSN 550 por cada institución.

LISTADO DEL MATERIAL REQUERIDO PARA LA IMPLEMENTACIÓN ANILLO GAD-I HUAWEI									
EQUIPAMIENTO	GAD-I	EMAPA-I	SEGURIDAD CIUDADANA	MERCADO AMAZONAS	CUERPO DE BOMBEROS - TRANSITO	ECU911	MERCADO SANTO DOMINGO	EMELNORTE	TOTAL
SUBRACK OSN550	1	1	1	1	1	1	1	1	8
TARJETAS	CXL14	2	2	2	2	2	2	2	16
	SFP SDH S-4.1 (15 Km)	2	2	2	2	2	2	2	16
	EGT1	1				1	1		3
	SFP ETH LX (10Km)	1				1	1		3
	EFS8	1	1	1	1	1	1	1	8
	MATERIALES	PATCH CORD LC/SC	4	4	4	4	4	4	4
PATCH CORD LC/LC		2				2	2		6

Fuente: Propia.

• RESUMEN DE PASOS PARA IMPLEMENTACIÓN

A continuación se describe en forma general todos los pasos que son necesarios para comenzar con la implementación de la red de transmisión SDH, dentro del Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra y las entidades municipales:

El primer paso es levantar información acerca de la situación actual de cada una de las entidades a integrar en la red de transporte. Información acerca de la planta externa, tipo de equipos que se encuentran a lo largo de la red de fibra óptica.

Como segundo paso se determina el tipo de tendido de fibra óptica que se presenta a lo largo del enlace, en base a las características estructurales de la ciudad. Con el objetivo de definir si la fibra óptica puede soportar las nuevas características, en términos de atenuación y ventanas de operación, necesarias para integrar un anillo de fibra óptica con tecnología de transmisión SDH.

Al finalizar con este proceso y en el caso de no contar con los parámetros de atenuación del OTDR, se realiza el cálculo de atenuación por cada uno de los enlaces, para seleccionar el tipo de tarjetas que se requerirá para las cross conexiones de servicios.

Como siguiente punto se establece el tipo de servicios de video, voz y datos, que cada una de las instituciones desea integrar con la tecnología de transmisión SDH.

Una vez establecido el tipo de servicios a integrar se identifica la capacidad de transmisión por cada uno de los servicios, con el objetivo de dimensionar el tipo de contenedores necesarios para establecer la matriz de cross conexión.

Al establecer estos parámetros se selecciona el tipo de equipo SDH más adecuado, tomando en cuenta todas las consideraciones establecidas anteriormente para el diseño. Cabe mencionar que los equipos son modulares lo que permite que se adapten a los diversos tipos de tráfico que se encuentran dentro de la red.

Al definir todos los servicios y las matrices de cross conexión, se procede a establecer el nodo principal que servirá de sincronización y que proveerá la señal de reloj en modo maestro-esclavo hacia las demás instituciones, ya que en caso de ocurrir un problema el siguiente nodo se comportara como maestro y los demás como esclavo, hasta que se solucione el problema con el nodo principal que se encuentra en el enlace.

Como último punto se selecciona el tipo de protección que en su caso puede ser MS-Pring o SNCP, siendo el del tipo de protección SNCP el recomendado para implementar en este tipo de diseño, además de un presupuesto referencial de equipos de transmisión SDH.

CAPITULO IV

Análisis Costo Beneficio.

Este capítulo presentará el análisis costo beneficio que permitirá valorar la inversión a realizarse tomando en cuenta no solo el valor puramente 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. Se considerará, en primer lugar para este análisis varios aspectos como son los costos de inversión y los beneficios que este proyecto generará.

4.1. COSTOS DE INVERSIÓN

4.1.1. Costos de equipos.

Dentro de este ítem se detalla el valor de los equipos necesarios para la implementación de este proyecto. 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 60.

Tabla 60. 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
	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
TOTAL EQUIPOS (\$)				\$ 51.924,88

Fuente: Departamento de Software de Huawei.

4.1.2. Costos de Infraestructura

En la Tabla 61 se muestran los costos considerados para montar las ventanillas multipago en EMAPA, EMELNORTE y GAD-I.

Tabla 61. Costos Infraestructura EMAPA, EMELNORTE y GADI.

Descripción	Costo Unitario (\$)	Cantidad	SUBTOTAL (\$)
Estación De Trabajo	\$ 300	3	\$ 900,00
Silla	\$ 105,00	3	\$ 315,00
Divisiones Modulares	\$ 89,00	9	\$ 801,00
Computador	\$ 1.200,00	3	\$ 3.600,00
TOTAL (\$)			\$ 5.616,00

Fuente: Propia.

4.1.3. Costos de Ingeniería

En los costos de ingeniería se considera el costo del servicio de instalación de cada sitio, es decir de cada institución ser integrada. La tabla 62 detalla esta información.

Tabla 62. 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
TOTAL	\$ 4.200,00

Fuente: Consulta al Ing. Pablo Rodríguez, técnico de Milestone.

4.1.4. Varios

Dentro de este grupo consideraremos otros gastos, mensuales que conllevará la implementación de este proyecto.

- **Costo mantenimiento anual:** Se refiere al costo del mantenimiento que requerirán los equipos año a año para evitar daños graves y garantizar se correcto funcionamiento, este valor es de aproximadamente \$ 700,00 de acuerdo a las empresas de comunicación que ofrecen este servicio.
- **Costo remuneración recaudadores:** Este es el costo de la remuneración mensual que se le pagara al recaudador de la ventanilla multipago ubicadas en el GAD de Ibarra, EMELNORTE y EMAPA. Se toman en cuenta además los beneficios de ley como los décimos. Al ser las 3 instituciones públicas vamos a tomar una remuneración referencial dentro de la escala de remuneraciones de la LOSEP, la de Servidor de Apoyo 4, basado en las responsabilidades. Estos cálculos se detallan en la Tabla 63.

Tabla 63. Costos por concepto de pago de remuneración a recaudadores.

Descripción	Valor de acuerdo a escala LOSEP (\$)	Cantidad	Subtotal mensual (\$)	Subtotal anual (\$)
Remuneración mensual	733	3	\$ 2.199,00	\$ 26.388,00
Décimo cuarta remuneración	354	3		\$ 1.062,00
Décimo tercera remuneración	733	3		\$ 2.199,00
TOTAL ANUAL				\$ 29.649,00

Fuente: Propia.

- **Costos Publicidad primer año:** Se considerará este valor para ser invertido en publicidad que permita a la ciudadanía conocer este servicio, a continuación los valores en la Tabla 64:

Tabla 64. Costo anual publicidad de servicios

Descripción	Valor(\$)	Cantidad	Subtotal mensual (\$)	Total anual (\$)
Pago publicidad en periódicos de la localidad	100	2	\$ 200,00	\$ 2.400,00

Fuente: Precios referenciales del Diario el Norte y la Hora.

- **Aporte a las instituciones por uso del espacio:** Se considera un aporte del \$0.15 de lo recaudado en EMAPA y EMELNORTE, por concepto de pago de impuesto predial, tomando en cuenta que la mayoría del ingreso que va a ser percibido por el municipio será debido al recargo en los servicios básicos, ya que es mensual

$$\text{Valor aporte} = 25474 * \$0.15 \approx \mathbf{3821.10}$$

4.2. INGRESOS

Este proyecto al ser implementado en una entidad pública, requiere de un análisis no solo de ingresos económicos, sino también de beneficios como la facilidad para que los usuarios paguen los servicios básicos y el impuesto predial, lo que beneficiaría a las instituciones, debido a que los usuarios pagarían más rápido el valor en dólares generado por los diferentes servicios.

Ahora bien, para determinar el porcentaje de personas que prefiere pagar los diferentes servicios en otros lugares que no sean la institución matriz es importante analizar el comportamiento de los cobros de las instituciones. Estos datos han sido proporcionados por las dependencias de las respectivas instituciones y se presentan en las Tablas 65, 66 y 67.

Tabla 65. Facturas EMELNORTE cobradas en el año 2014

MES	LUGAR DE RECAUDACIÓN				
	Agencia matriz	Otra agencia	Total agencias EMELNORTE	Bancos y Cooperativas	
Enero	28462	18268	46730	37600	
Febrero	25034	15518	40552	34977	
Marzo	27343	16459	43802	36232	
Abril	26125	17406	43531	29232	
Mayo	26125	17904	44029	41861	
Junio	27258	15518	42776	36911	
Julio	28707	19387	48094	40898	
Agosto	26271	18319	44590	36932	
Septiembre	27627	17844	45471	37556	
Octubre	25252	22488	47740	37316	
Noviembre	22032	18140	40172	37316	
Diciembre	21566	22086	43652	38123	TOTAL
Promedio facturas cobradas	25984	18278	44262	37080	81341
Equivalente en porcentaje			54,41	45,59	100,00

Fuente: EMELNORTE 2014, muestreo todo el año

Tabla 66. Facturas EMAPA cobradas en el año 2014

MES	LUGAR DE RECAUDACIÓN		
	Agencia matriz	Bancos y Cooperativas	
Enero	14794	12081	
Febrero	17488	12105	
Marzo	15354	13062	
Abril	16883	12987	
Mayo	17918	12695	
Junio	13221	12730	
Julio	22770	12837	
Agosto	17647	12669	
Septiembre	17722	13008	TOTAL
Promedio facturas cobradas	17089	12686	29775
Equivalente en porcentaje	57,39	42,61	100,00

Fuente: EMELNORTE 2014, muestreo 1 semana por mes.

Tabla 67. Total de personas que pagan impuestos en el año

MES	Nro. pagos impuesto predial
Enero	18551
Febrero	11509
Marzo	10481
Abril	8920
Mayo	7658
Junio	5048
Julio	2707
Agosto	3794
Septiembre	6255
Total Pagos	74923

Fuente: GAD-I 2014, muestreo todo el año.

4.2.1. Consideraciones para cálculo de ingresos.

Del análisis de las tablas anteriores, basadas en los comportamientos reales dentro de las instituciones tomamos las siguientes consideraciones.

- Puesto que de los cobros analizados de EMAPA y EMELNORTE el 42.61% y 45.59% de los usuarios respectivamente pagan sus facturas en bancos y cooperativas con el recargo correspondiente, en promedio el 44% de los usuarios pagarían los servicios básicos en un lugar diferente a la agencia matriz. Considerando para este caso que no todo este porcentaje pagaría únicamente en las ventanillas multipago. Se tomará el valor del 34%.
- Número de personas que pagan los servicios cada año, se toma en cuenta el promedio de las personas que pagaron el impuesto durante el 2014, se tomará este valor, menor al valor de los pagos de energía eléctrica debido a que hay propiedades que tienen más de un medidor, el valor a considerar será: 74923.
- Número de beneficiarios a considerar para el cálculo: 25474 beneficiarios.

$$\# \text{beneficiarios} = 74923 * 34\% = 25473.82 \approx \underline{\underline{25474}}$$

- Se considerará un recargo de \$ **0.25** a los pagos de servicio básico o impuesto predial cobrados en las diferentes instituciones a integrar en este diseño.

4.2.2. Cálculo de Ingresos

En la Tabla 68 se presenta el cálculo de los ingresos anuales que generaría el presente estudio.

Tabla 68. Cálculo de ingreso anual

Descripción	Nro. de beneficiarios	Valor adicional(\$)	Frecuencia de pago		Total
			Mensual	Anual	
Pago servicio de servicios básicos	25474	\$ 0,25	12		\$ 76.422,00
Pago impuesto predial	25474	\$ 0,25		1	\$ 6.368,50
Total ingresos anual					\$ 82.790,50

Fuente: En base a las estadísticas del banco Central del Ecuador.

4.3. PARÁMETROS FINANCIEROS

Existen varios parámetros que permiten identificar si el proyecto es económicamente viable:

- VAN: Valor actual neto
- TIR: Tasa interna de retorno
- PRI: Periodo de retorno de inversión

4.3.1. VAN: Valor actual neto.

El valor Actual Neto está ligado directamente al valor temporal del dinero; determina el valor presente de un número n de flujos de fondos, originados por una inversión.

Si el VAN se usa para tomar decisiones de aceptar o rechazar un proyecto, los criterios de decisión son los siguientes:

- Si el VAN es **mayor que** 0 dólares, **aceptar** el proyecto; pues la empresa tendrá un rendimiento mayor que el costo de capital.
- Si el VAN es **menor que** 0 dólares, **rechazar** el proyecto.

El cálculo del VAN se lo realiza mediante la siguiente fórmula

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0$$

FUENTE: Gitman, L. J., & Zutter, C. J. *Principios de Administración Financiera*. (2012).

Dónde:

n=Número de periodos de liquidación que tiene la inversión.

CF_t= Flujo de fondos (Cash flow) que ingresarán en cada período

CF₀= Inversión Inicial

k= Tasa de actualización de los flujos futuros.

4.3.2. TIR: Tasa interna de retorno.

Se define como la tasa de descuento que iguala el VAN de una inversión a 0 dólares (debido a que el valor presente de las entradas de efectivo es igual a la inversión inicial). Es la tasa de rendimiento anual que la empresa ganará si invierte en el proyecto y recibe las entradas de efectivo esperadas.

Matemáticamente, la TIR es el valor de *k* en la ecuación 1 que hace que el VAN sea igual a 0 dólares; como se muestra en la ecuación siguiente:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0$$

Fuente: Gitman, L. J., & Zutter, C. J. *Principios de Administración Financiera*. (2012).

4.3.3. PRI: Periodo de retorno de inversión

Se define como el período en el cual se recupera la inversión inicial, su cálculo se basa en los valores de flujo de caja de cada período, que se va comparando hasta determinar el tiempo en el cual la inversión queda totalmente saldada.

4.3.4. Calculo de parámetros Financieros

Como primer paso para el cálculo de estos parámetros financieros es necesario determinar la inversión inicial, los gastos anuales y los ingresos anuales.

Tabla 69. Inversión Inicial, Ingresos y Egresos anuales

	Descripción	Subtotal (\$)	Total (\$)
INVERSIÓN INICIAL	Costo de equipos	\$ 51.924,88	
	Costo infraestructura	\$ 5.616,00	
	Costo instalación	\$ 1.200,00	
	Costo capacitación sobre equipos	\$ 3.000,00	\$ 67.914,97
	Subtotal Inversion Inicial	\$ 61.740,88	
	Adicional 10%	\$ 6.174,09	
EGRESOS ANUALES	Mantenimiento de equipos	\$ 700,00	
	Publicidad (Solo 1er año)	\$ 2.400,00	
	Remuneración de recaudadores	\$ 29.649,00	\$ 36.570,10
	Aporte para EMELNORTE y EMAPA	\$ 3.821,10	
INGRESOS ANUALES	Ingresos por cobro adicional	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50

Fuente: Propia

Los cálculos se realizaron en Excel, empezando por el flujo de caja para determinar los flujos netos de cada año, como se muestra en la Figura 113, con estos datos se procede a obtener los parámetros financieros mostrados en la figura 114

FLUJO DE CAJA							
	AÑOS						Total
INGRESOS DE EFECTIVO	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
TOTAL INGRESOS	\$ 67.914,97	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 82.790,50	\$ 481.867,47
EGRESOS DEL PROYECTO							
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 EMELNORTE		\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 3.821,10	\$ 19.105,50
							\$ 0,00
TOTAL EGRESOS	\$ 67.914,97	\$ 36.570,10	\$ 34.170,10	\$ 34.170,10	\$ 34.170,10	\$ 34.170,10	\$ 241.165,47
FLUJO NETO	\$ 0,00	\$ 46.220,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 48.620,40	\$ 240.702,00

Figura 113. Cálculo de Flujo Neto por año
Fuente: Propia, Cálculos utilizando herramienta Excel, 2014

CÁLCULO DE PARÁMETROS FINANCIEROS						
1.- Valor actual neto						
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					
VAN =	\$ 114.212,78					
2.- Tasa interna de retorno						
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	
TIR =	64,21%					
3.- Período de recuperación						
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				
La Inversión se recupera en : 1 años			5 meses	10 días		
			5,35	10,63		

Figura 114. Cálculo de Parámetros Financieros
Fuente: Propia, Cálculos utilizando herramienta Excel, 2014

Una vez realizado el análisis costo beneficio, se puede concluir que es un proyecto viable basado en las siguientes premisas:

- Los valores de los parámetros financieros mostrados en la Figura 114, son positivos lo que indica que es un proyecto viable.
- La inversión se recupera en un tiempo relativamente corto, lo que se traduce en ingresos económicos sustanciales para el Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra.
- Este proyecto no solo significa ganancias económicas, sino también mejorar la operatividad de la institución. Como es bien conocido la mayoría de los ingresos del Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra provienen de la recaudación de impuestos, con la implementación de este proyecto se ofrece a los ciudadanos mayor comodidad brindándoles más opciones de lugares para pagar los impuestos agilizando este trámite, en especial durante los primeros meses del año y en los meses posteriores pueden además realizar el pago de servicios básicos. El beneficio no es solo institucional sino también para la ciudadanía.

CAPITULO V

Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones.

- a. 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), lo que aumenta el campo de integración con equipos microonda, redes troncales de servicios, multiplexores de baja capacidad, switches, routers, etc.
- b. Integración de múltiples tecnologías sean estas PDH (E1`s, T1`s), SDH (STM-1/4/16/64) y EoS (Ethernet sobre SDH), lo que aumenta el campo de integración con equipos microonda, redes troncales de servicios, multiplexores de baja capacidad, switches, routers, etc. A diferencia de los sistemas Ethernet que únicamente pueden tener operatividad con servicios netamente Ethernet.
- c. 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.
- d. Escalabilidad en su crecimiento, al disponer de interfaces STM-1 (155 Mbps), STM-4 (622 Mbps), STM-16 (2.5 Gbps) y STM-64 (10 Gbps) que brindan a los usuarios una gran disponibilidad de opciones acorde a las necesidades requeridas, lo que mejora de forma gradual el costo sobre el equipamiento adquirido.
- e. 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, lo que permite incrementar la capacidad del canal usando un solo par de hilos de

fibra óptica en cada sentido, sean estos East y West dependiendo de las características de la red.

- f. La protección MSP Ring a 2 hilos, permite un respaldo de todos los servicios configurados en el anillo, para su configuración principal utiliza el sentido horario, mientras que para el canal de protección ocupa el sentido anti horario, el limitante de este protocolo es el uso del el 50% de la capacidad del anillo, debido a que toma el 50% del el canal ruta de protección de todos los servicios del anillo.
- g. La protección SNCP, optimiza los recursos de red, protegiendo determinados servicios que el cliente considere necesarios. Por otro lado, estos servicios pueden ser creados usando el mejor sentido que disponga el usuario de la red, ya sea el sentido horario como anti horario. Adicionalmente presenta una gran ventaja con el protocolo MSP, debido a que esta protección SNCP puede ser creada sobre tramos con diferentes interfaces SDH, lo que lo hace más versátil que el protocolo analizado anteriormente.

5.2. Recomendaciones.

El campo de la selección de los proveedores de tecnología es muy complejo en la actualidad, debido a que cada fabricante genera nuevo equipamiento con características mejoradas y precios altamente competitivos sobre los demás proveedores, es por ello que queda en la responsabilidad de los departamentos técnicos la selección idónea en el equipamiento a utilizar, tomando en cuenta los factores tecnológicos como protocolos estándares, operatividad con otros fabricantes, experiencia en el mercado nacional y el soporte post venta que se brinde en el funcionamiento de la red.

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, sin embargo se debe considerar los factores de desarrollo

de nuevas plataformas tecnológicas de bases de datos, cámaras y demás servicios, que involucren un crecimiento del tamaño de los datos transmitidos en los próximos años.

Inicialmente se analiza este diseño con capacidades STM-4 (622 Mbps) con un uso efectivo del canal aproximadamente de 40%, dejando un 60% disponible para afrontar nuevas y futuras aplicaciones. Para ello 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.

- **LIBROS:**

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

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.)

Hens, F & Caballero, J. (2008). Triple play. Building the converged network for IP, VoIP and IPTV. England: Atrium.

Helvoort, H. (2005). Next Generation SDH/SONET Evolution o Revolution? Australia: John Wiley & Sons.

Iniewski, K & McCrosky, C & Minoli, D (2008). Network Infrastructures and Architecture Desingning high Availability Networks. Wiley John.

Marconi, (2004) Introducción a la jerarquía Digital Sincrónica, Fundamentos Básicos. (ed. e) AN00091831

Mancini, C. (s.f). CONCEPTOS SOBRE MULTIPLEXACIÓN SDH.

Mishra, A.R. (2007). Advanced Celular Network planning and optimisation. USA.

Paredes, J. (2004). Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones. Madrid: Prentice Hall.

Urueña, E. (2009). Comunicación con Fibra Óptica. Recuperado de: <http://edselenrique.wikispaces.com/file/view/Lecci%C3%B3n+2.pdf>

- Lehpamer, H. (2002). *Transmission Systems Design Handbook for Wireless Networks*. London: Artech House.
- Naidu, M & Gorshe, S. (2005). *Next Generation Transport Networks Data Management, and Control Planes*. United States: Springer.
- Stallings, W. (2008). (7^a. ed.) *Comunicación y Redes de Computadoras*. México: Pearson Prentice
- Vasseur, P & Pickavet, M. (2004). *Network recovery Protection and Restoration of Optical SONET-SDH, IP, and MPLS*. California: Elseiver
- Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. (2^a ed.). México: Prentice Hall
- (s.f) Grupo Lyntel. *Fibra Óptica*. (2009). Recuperado de: <http://www.slideshare.net/lyntel/fibra-optica-2008>

- **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.*
- Román, R.X. (2010). *Diseño de la ampliación de la red de comunicación de EMELNORTE utilizando Fibra óptica y tecnología inalámbrica. Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional.*
- Méndez, A. (2008). *Diseño de una red Internacional de telecomunicaciones SDH sobre Fibra Óptica, con interfaces ópticas STM-16. Proyecto de Titulación, Universidad San Carlos de Guatemala.*

Paspuel, A.R. (2014). Rediseño de la red de voz, datos y video e implementación de un prototipo del sistema diseñado para el colegio nacional experimental “Juan Pío Montufar”, Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional.

- **REVISTAS:**

Besada, M. (s.f.). El Diodo Láser. Recuperado de:
<http://materias.fi.uba.ar/6210/Diodo%20Laser%201.pdf>

Coímbra, E (2011). Comunicaciones Digitales. Multiplexación TDM. Recuperado de: <http://www.coimbraweb.com>

Cables y componentes para Comunicaciones (sin número). (s.f.). Recuperado de:
<http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Seleccion%20de%20un%20cable%20de%20fibra%20optica.pdf>

INEC. Estructura de la población. Recuperado de: <http://redatam.inec.gob.ec>

Martínez, E. (2014). Red de Transporte. Recuperado de:
<http://www.eveliux.com/mx/Red-de-Transporte.html>

Montañana, R (s.f). Medios Físicos de Transmisión de datos. Recuperado de:
www.uv.es/montanant/TSTD-1.ppt

Milanés, N, (s.f). Curso de Cableado Estructurado. Recuperado de:
<http://es.scribd.com/doc/77293021/15/Patch-Panel-de-Fibra>

Rodríguez, G. (s.f) Area de Tecnología Eléctrica. Fibra Óptica. Recuperado de:
<http://www.paratorpes.es/manuales/curso%20fibra%20optica.pdf>

Rasmussen, N. (s.f). Resumen ejecutivo. Recuperado de:
http://www.apcmedia.com/salestools/SNIS-66ZTJB/SNIS-66ZTJB_R0_LS.pdf?sdirect=true

Schmidberg, E. (s.f). Introduccion a la tecnología SDH. Recuperado de:
<http://www.ieee.org.ar/downloads/sdh-intro.pdf>

Sanchez, E & González I. (s.f). Resumen de SDH. Recuperado de:
<http://www.geocities.ws/AdmonRedes/EquipoSeis.html>

Telecomunicaciones, U. I. (s.f.). Revista Onlineiutirla. Recuperado de:
<http://revistaonlineiutirla.files.wordpress.com/2010/01/generalidades-de-la-fibra-optica.pdf>.

Tutorial de Comunicaciones Ópticas (s.f). Recuperado 26 de agosto de 2012 de:
http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema4/tema4_4.htm

Unidad_4 (16). (s.f.). Recuperado de:
http://eqaula.org/eva/file.php/1746/Unidad_4.pdf

Urueña, E. (2009). Comunicación con Fibra óptica. Recuperado de:
<http://edselenrique.wikispaces.com/file/view/Lecci%C3%B3n+2.pdf>

Villarreal, F. (2009). Ventajas de un Sistema Operativo Modular sobre un Sistema Monolítico. Recuperado de:
<http://www.revistagadgets.com/www/2009/03/17/ventajas-de-un-sistema-operativo-modular-sobre-un-sistema-operativo-monolitico/>

Zevallos, O. (s.f). Redes de Alta Velocidad. Multiplexación Digital. Recuperado de:
http://unexpocom.files.wordpress.com/2010/05/sdh_exposicion.pdf

(s.f) Tutorial de Comunicaciones Ópticas. Recuperado de:
http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_4.htm

(s.f). Taller de Comunicaciones Ópticas. Recuperado de:
<http://www.mistelcomunicaciones.com/>

- **RECOMENDACIONES DE LA ITU.**

Recomendación UIT-T G.651. (2002). Serie G. Cable de Fibra óptica multimodo de índice gradual.

Recomendación UIT-T G.652. (2009). Serie G. Transmission media and optical systems characteristics Optical fibre cables.

Recomendación UIT-T G.653. (2006). Serie G. Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada.

Recomendación UIT-T G.655. (2006). Serie G. Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula.

Recomendación UIT-T G.694.1. Serie G. (2012). Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.694.1>

Recomendación UIT-T G.702. (1993). Aspectos generales de los sistemas de transmisión digital velocidades binarias de la jerarquía digital.

Recomendación UIT-T G.704. Sistemas y Medios de transmisión digitales. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.704>

Recomendación UIT-T G.7041/Y.1303. (2005). Serie G: sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales. Procedimiento de entramado genérico.

Recomendación UIT-T G.709. (2003). Sistemas y medios de transmisión digital. Interfaces for the Optical Transport Network (OTN). Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.709>

Recomendación G.707/Y.1322. (2005). Serie G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales. Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona.

Recomendación UIT-T G.708. Sistemas y Medios de Transmisión digitales. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.708>

Recomendación UIT-T G.780/Y.1351. (2004). Términos y definiciones para las redes de jerarquía digital síncrona.

Recomendación UIT-T G.781. Synchronization layers function.

Recomendación UIT-T G.783. Characteristics of SDH equipment functional blocks.

Recomendación UIT-T G.791. (s.f). Protocolo de Internet. Recuperado de: <http://tools.ietf.org/html/rfc791>

Recomendación UIT-T G.803. (2005) Serie G: sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales. Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona

Recomendación UIT-T G.805. Serie G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales.

Recomendación UIT-T G.825. The control of jitter and wander within digital networks which are based on the SDH.

Recomendación UIT-T. G.809. (2003). Serie G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales. Arquitectura funcional de las redes de capa sin conexión.

Recomendación UIT-T G.841. Types and characteristics of SDH network protection architectures.

Recomendación UIT-T Serie G.957. (2006). Sistemas y medios de Transmision digitales. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.957>

Recomendación UIT-T G.2460. Protocolo de internet versión 6. Recuperado de: <http://www.rfc-es.org/rfc/rfc2460-es.txt>

Recomendación UIT-T L.3. (s.f). Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior armadura de los cables. Armadura de los cables.

Recomendación UIT-T. L-26. (2002). Serie L: Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior. Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas.

Recomendación UI-T. L.35. (2010). Serie L: Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso.

Recomendación UIT-T X.200. (2007). Redes de datos y comunicaciones entre sistemas abiertos interconexión de sistemas abiertos – Modelo y notación. Matrices de Tráfico.

ANEXOS

3. ANEXO A.

CAPITULO I.

3.1. A.1. Punteros.

Una de las ventajas más importantes que SDH presenta, es sin duda sus punteros, ubicados en la cuarta fila de la SOH, de la trama STM-N, como se indica en la Figura.A.1. Los punteros permiten alinear en forma flexible y dinámica la posición del VC dentro de la trama STM-N. Esto hace que el VC pueda moverse dentro de una trama STM-n y termine en otra si es necesario en cualquier momento de tiempo (“trama flotante”), como se indica en la siguiente Figura.1. Los saltos se los realiza cada 3 bytes, entre el puntero y el VC-n.

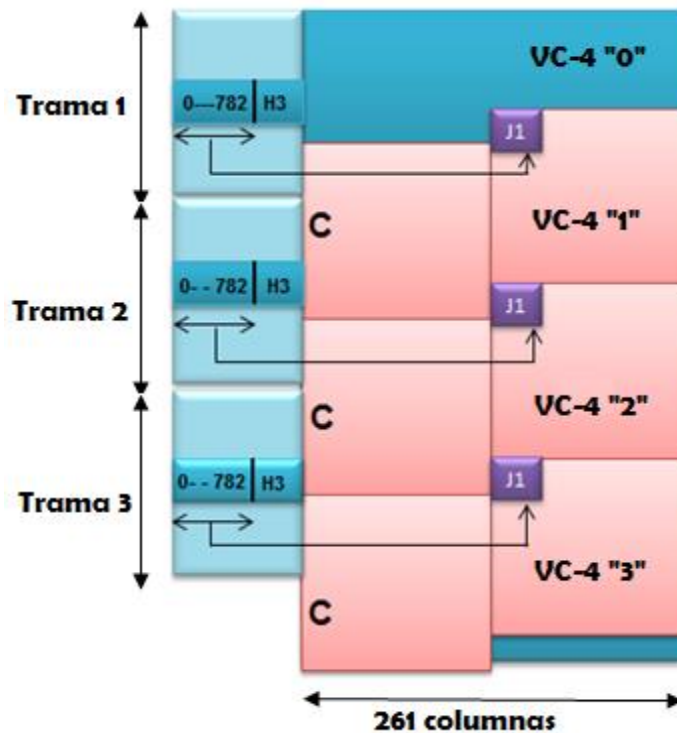


Figura A.115. Transmisión del VC-4 a través de la trama STM-N.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

Si bien el VC-n, junto con la tara de SOH y POH, identifican el comienzo de VC-n a transmitirse, a partir del 10mo byte. Esta condición varía, desde el momento en

que la señal es enviada al nodo receptor. El nodo receptor en alguno de los casos no puede reconocer el inicio del VC-n, ni a que trama pertenece, por factores como actualización del software, monitoreo de alarmas y generación de eventos, presencia de jitter o wander en el enlace, mantenimiento preventivo de los equipos, o variación en los relojes de sincronización, los mismos que varían el tiempo de transmisión.

Como las clasificaciones anteriores de las taras de SOH y POH, el puntero se clasifica en:

- Punteros de Orden Superior AU-PTR (VC-4, VC-3)
- Punteros de Orden Inferior TU-PTR (VC-12, VC-2,)

3.1.1. A.1.1.Puntero de Unidad Administrativa Orden Superior.

3.1.1.1.A.1.1.1.AU-4-PTR

El AU-4-PTR, se forma a partir de 9 bytes (H1, H2, H3) unidos secuencialmente, como se indica en la siguiente Figura.2:

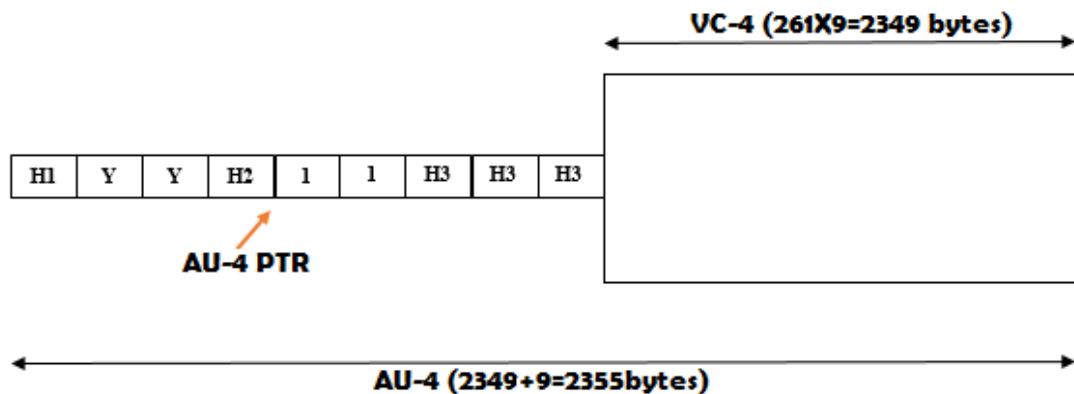


Figura A.116. AU-4-PTR.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

A continuación se detalla su composición en bits de cada bytes de los punteros del AU-4-PTR, como se observa en la Figura A.3:

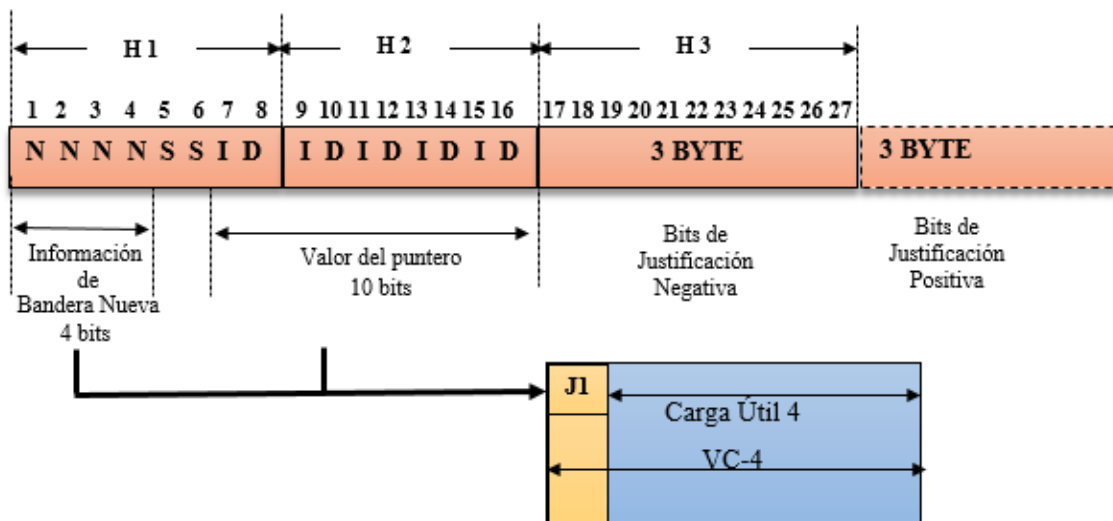


Figura A.117. Bits de Puntero.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

Donde:

Interpretación de Puntero

NDF (desabilitado):

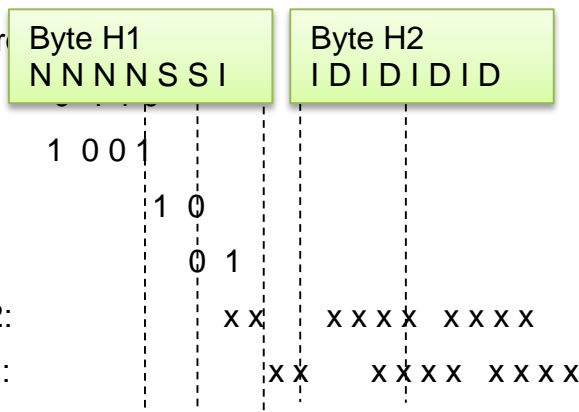
NDF (habilitado):

Tipo AU-4 / TU-3:

Tipo AU-4 / TU-3:

Puntero AU-4 0.....782:

Puntero TU-3 0....764:



En la Figura A.3, NDF⁵¹ (*New Data Flag*) se utilizan para indicar el momento en que se realiza un salto arbitrario, que se produce cuando la señal se inicia en un nuevo enlace. Donde los valores “0110” indica que no se han iniciado nuevos datos, mientras que “1001” representa la formación de nuevos datos, que se originan por pérdida de tramas ocasionadas por algún corte en el enlace, o la conmutación a un esquema de protección.

⁵¹ Información de Nueva Bandera.

3.1.1.2.A.1.1.2. AU-3-PTR.

Tanto la formación de la AU-3, como las de orden superior se forman, a partir de la premisa del esquema de multiplexación SDH, para la formación de la trama básica STM-1. En este sentido, el AU-3-PTR, se forma a partir de la unión de 3 VC-3 + 3 x PTR, es decir 9 bytes de puntero, que a diferencia con el AU-4-PTR, en lugar de los bytes “Y” y “1”, se cambian por H1 y H2, en la segunda y tercera columna y en la quinta y sexta columna de la cuarta fila respectivamente, como se observa en la Figura A.4:

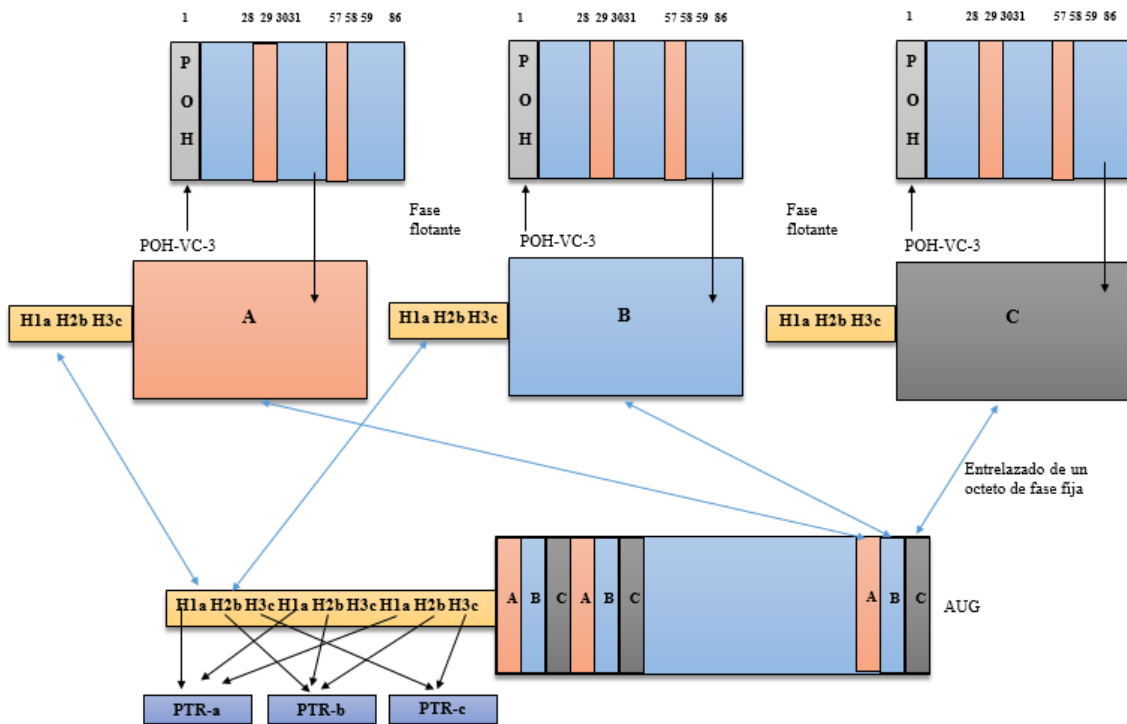


Figura A.118. Multiplexación de las AU-3 mediante AUG-1.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

3.1.2. A.1.2. Puntero de Unidad Administrativa Orden Inferior.

3.1.2.1.A.1.2.1. TU-n-PTR

El TU-n-PTR, se forma a partir de una multitrama, formada por VC-n (n=11, 12, 2, o 3) de orden inferior más la unión de un puntero, como se indica en la Figura A.5, todos con similares características.

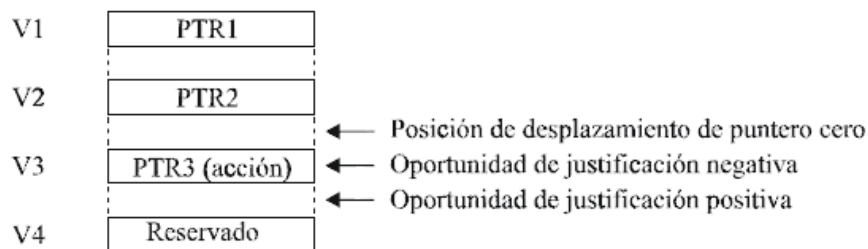
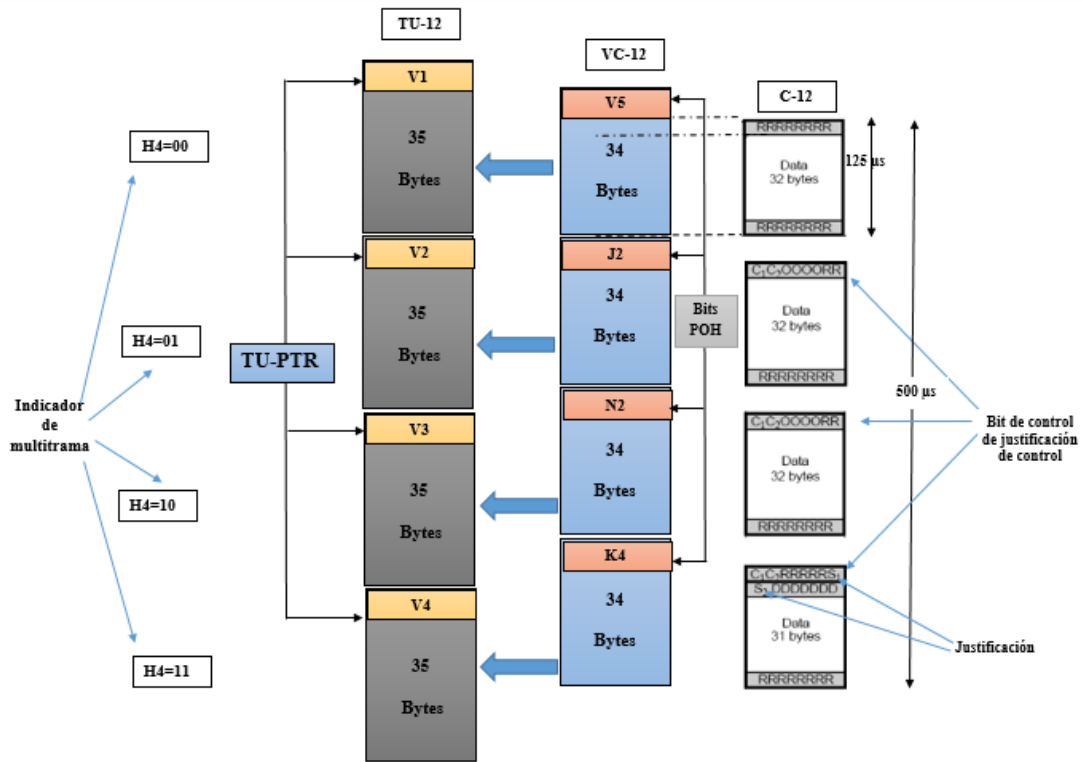


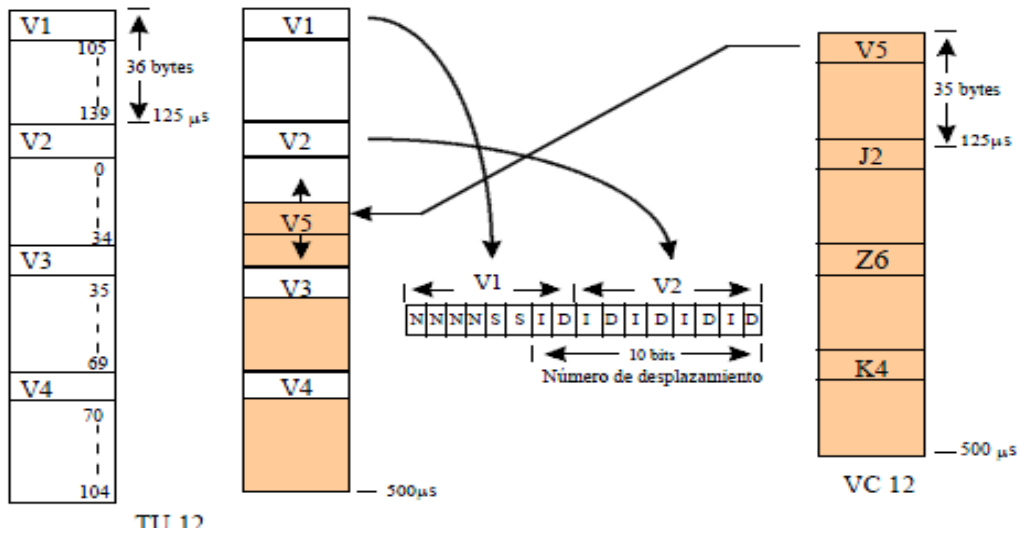
Figura A.119. Bytes de TU-PTR.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

En el caso del TU-12-PTR, tiene cuatro bytes, (V1, V2, V3 , V4), sus características son las mismas que en el caso de los punteros de Orden Inferior: V1 semejante a H1, V2 semejante a H2, V3 similar a H3 contine los bytes de justificación positiva o negativa como se indica en la Figura., con la diferencia de que en lugar de los 3 bytes del puntero AU-4-PTR, se considera 1 byte de puntero, Figura A.6. (a). Así como el formato de los bytes de puntero V1, V2.



(a)

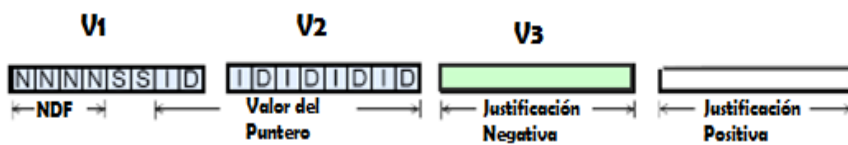


(b)

Figura A.120. (a) Puntero de Unidad tributaria. (b) Recorrido del puntero dentro de la trama STM-N.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

Donde:



3.1.2.2.A.1.2.2. TU-3-PTR.

El TU-3-PTR, se forma a partir de la formación del VC-3 + PTR, como se indica en la Figura A.7.

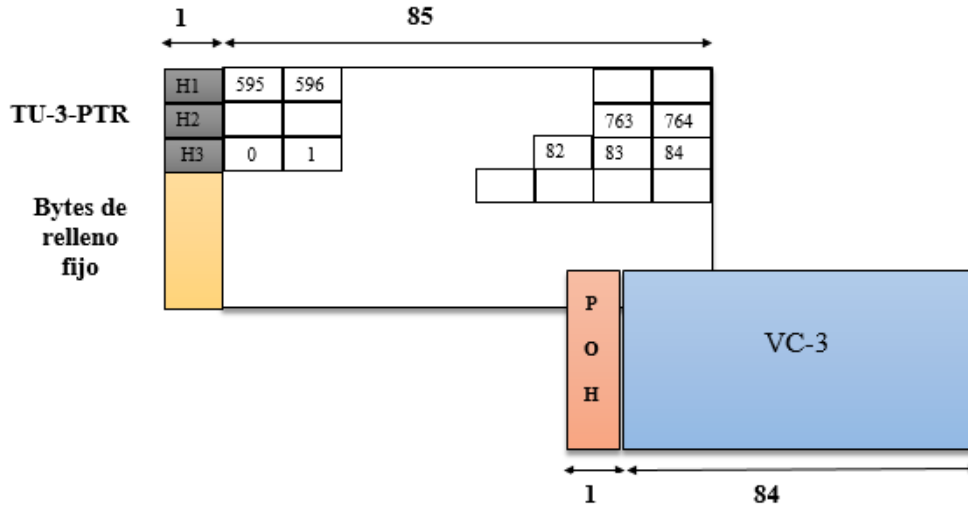


Figura A.121. TU-3-PTR.

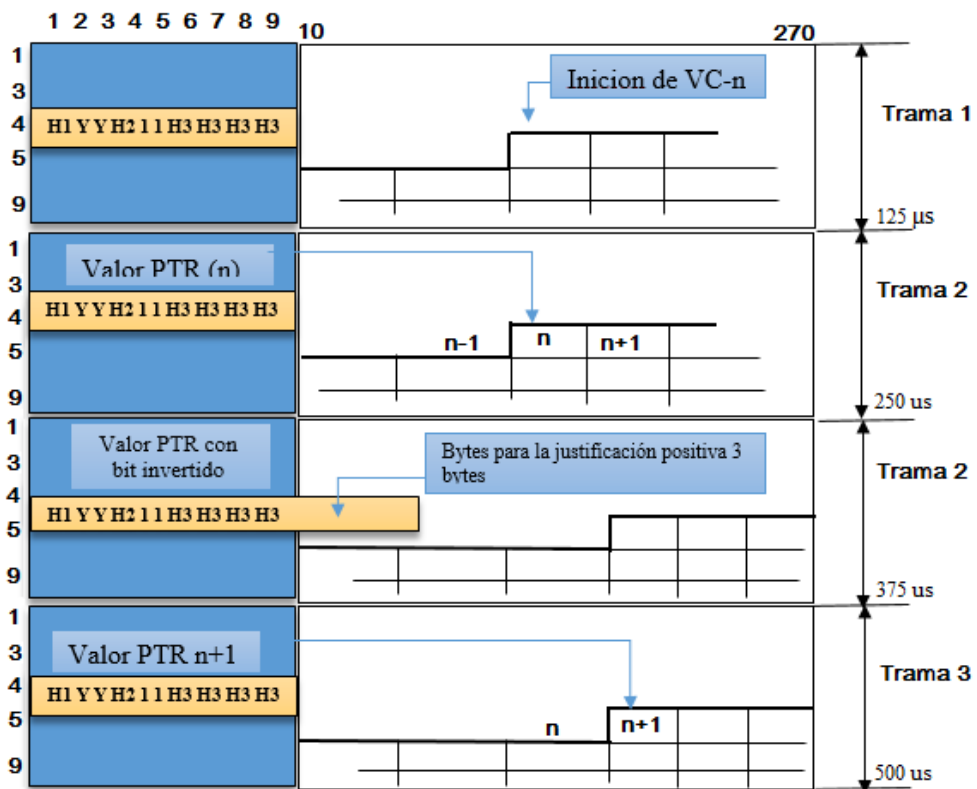
Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

3.1.3. A.1.3. Justificación Positiva y Negativa.

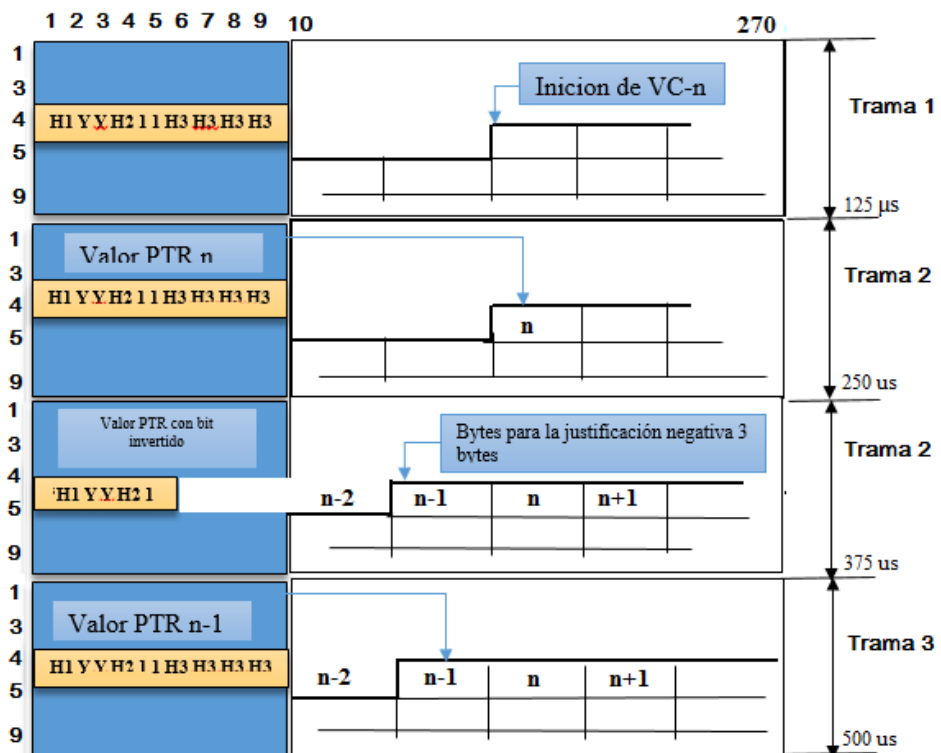
Una de las principales características que se han descrito acerca de la función de los punteros dentro de la trama STM-N, es su capacidad de verificar si las tramas flotantes aumentan o disminuyen en un espacio de tiempo según sea necesario.

Así cuando la frecuencia del VC-n es muy baja con respecto a la trama STM-N, el valor del puntero aumenta en 1, mediante los bits "I", descritos anteriormente, seguido de un aumento del byte H3, conocido como Justificación positiva.

En el caso opuesto, si la frecuencia es muy alta, al valor del puntero disminuye en 1, mediante los bits "D" en el formato del puntero, seguido de un retraso del byte H3 dentro de la trama. Esta particularidad se indica con la Figura A.8. (a) y (b):



(a)



(b)

Figura A.122. (a) Justificación Positiva. Justificación (b) Negativa.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S.

3.2. A.2. Funciones de los bits de SOH y POH.

Dentro de las funciones especificadas de cada uno de los bytes del encabezado de sección (SOH) de la trama básica STM-1, determinados en el primer capítulo. Se especificara en forma más específica el formato de los bytes, responsables de realizar las acciones de mantenimiento, gestión, detección y generación de alarmas, a lo largo del encabezado que forma parte de la trama, la función de cada bytes se especifica en la siguiente Tablas A1,2,3:

Tabla A.70. MSOH: Encabezado de Sección de Multiplexación.

Byte	DESCRIPCIÓN																																				
B2	<p>Sección Multiplexación (MS) bit de código de paridad intercalada (MS BIP-24) byte - Este bit de paridad entrelazados N x 24 código se utiliza para determinar si ha ocurrido un error de transmisión a través de una sección de multiplexación. Es paridad par, y se calcula todos los bits del MS Overhead (MSOH) y la trama STM-N de la trama anterior STM-N antes de codificar. El valor se coloca en los tres bytes B2 del MS Overhead antes decodificar. Estos bytes se proporcionan para todas las señales STM-1de una señal STM-N.</p>																																				
K1 y K2	<p>Conmutación de protección automática (canal APS) bytes - Estos dos bytes se utilizan para MSP (Multiplex Sección de Protección) de señalización entre entidades de nivel múltiplex para bidireccional conmutación automática de protección y para la comunicación de indicación de alarma (AIS) y la indicación de defecto distante (RDI) condiciones. La indicación de defecto distante sección multiplexación (MS-RDI) se utiliza para devolver una indicación al final de transmisión que el fin recibido ha detectado un defecto de la sección de entrada o está recibiendo MS-AIS. MS-RDI se genera mediante la inserción de un código "110" en las posiciones 6, 7, y 8 del byte K2 antes codificación.</p> <p>Byte K1</p> <table border="0"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Bits 1-4</td> <td>Tipo de respuesta</td> </tr> <tr> <td>1111</td> <td>Bloqueo de Protección</td> </tr> <tr> <td>1110</td> <td>Conmutación forzada</td> </tr> <tr> <td>1101</td> <td>Fallo de señal - Alta Prioridad</td> </tr> <tr> <td>1100</td> <td>Fallo de señal - Prioridad baja</td> </tr> <tr> <td>1011</td> <td>Degradación de señal - Alta Prioridad</td> </tr> <tr> <td>1010</td> <td>Degradación de señal - Prioridad baja</td> </tr> <tr> <td>1001</td> <td>(no se utiliza)</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>Manual conmutación</td> </tr> <tr> <td>0111</td> <td>(no se utiliza)</td> </tr> <tr> <td>0110</td> <td>Espera para Restaurar</td> </tr> <tr> <td>0101</td> <td>(no se utiliza)</td> </tr> <tr> <td>0100</td> <td>Ejercicio</td> </tr> <tr> <td>0011</td> <td>(no se utiliza)</td> </tr> <tr> <td>0010</td> <td>Solicitud inversa</td> </tr> <tr> <td>0001</td> <td>No revierten</td> </tr> <tr> <td>0000</td> <td>No hay solicitud</td> </tr> <tr> <td>Bits 5-8</td> <td>Indique el número del canal solicitado</td> </tr> </table>	Bits 1-4	Tipo de respuesta	1111	Bloqueo de Protección	1110	Conmutación forzada	1101	Fallo de señal - Alta Prioridad	1100	Fallo de señal - Prioridad baja	1011	Degradación de señal - Alta Prioridad	1010	Degradación de señal - Prioridad baja	1001	(no se utiliza)	1000	Manual conmutación	0111	(no se utiliza)	0110	Espera para Restaurar	0101	(no se utiliza)	0100	Ejercicio	0011	(no se utiliza)	0010	Solicitud inversa	0001	No revierten	0000	No hay solicitud	Bits 5-8	Indique el número del canal solicitado
Bits 1-4	Tipo de respuesta																																				
1111	Bloqueo de Protección																																				
1110	Conmutación forzada																																				
1101	Fallo de señal - Alta Prioridad																																				
1100	Fallo de señal - Prioridad baja																																				
1011	Degradación de señal - Alta Prioridad																																				
1010	Degradación de señal - Prioridad baja																																				
1001	(no se utiliza)																																				
1000	Manual conmutación																																				
0111	(no se utiliza)																																				
0110	Espera para Restaurar																																				
0101	(no se utiliza)																																				
0100	Ejercicio																																				
0011	(no se utiliza)																																				
0010	Solicitud inversa																																				
0001	No revierten																																				
0000	No hay solicitud																																				
Bits 5-8	Indique el número del canal solicitado																																				

<u>Byte K2</u>	
Bits 1-4	Selecciona número de canal
Bit 5	Indicación de la arquitectura
0	1 + 1
1	1: n
Bits 6-8	Indicación modo de operación
111	MS-AIS
110	MS-RDI
101	Modo aprovisionada es bidireccional
100	Modo aprovisionada es unidireccional
011	Para uso futuro
010	Para uso futuro
001	Para uso futuro
000	Para uso futuro
D4 a D12	Canal de Comunicación de Datos (DCC Data Channel Communications MS) bytes - Estos nueve bytes forman un 576 kbit / s mensaje de canal desde una ubicación central para la información OAM (control, mantenimiento, aprovisionamiento remoto, monitoreo, administración y otras necesidades de comunicación).
S1	Sincronización mensaje de estado byte (SSMB) - Bits 5 a 8 de este byte S1 se utiliza para llevar los mensajes de sincronización. A continuación se presenta la asignación de patrones de bits a los cuatro niveles de sincronización acordado en el UIT-T (demás valores están reservados): Bits 5-8 0000 Calidad desconocido (sincronización existente. De red) 0010 G.811 PRC 0100 SSU-A (G.812 tránsito) 1000 SSU-B (G.812 local) 1011 G.813 Opción 1 Equipo síncrono Timing Clock (SEC) 1111 No utilizar para la sincronización. Este mensaje puede ser emulado por fallas en los equipos y será emulado por un signa de sección múltiplex AIS
M1	MS indicación de error remoto - El byte de un STM-1 o la primera STM-1 de un STM-N M1 se utiliza para una indicación de error remoto capa MS (MS-REI). Los bits 2-8 del byte M1 se utilizan para llevar la cuenta de errores de los bloques de bits entrelazados que la MS BIP-24xN ha detectado en error en el otro extremo de la sección. Este valor se trunca en 255 para STM-N > 4.
E2	MS byte circuito de servicio - Este byte circuito de servicio proporciona un canal / s 64 kbit entre entidades múltiplex para un circuito de servicio expreso. Es un canal de voz para su uso por los artesanos y se puede acceder a la sección de terminaciones múltiplex.

Fuente: Recomendación. ITU-T G.707, ITU-T G.783.

Tabla A.71. Encabezado de Camino Orden Superior (HO POH).

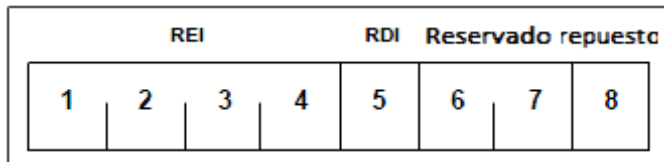
Byte	DESCRIPCIÓN		
	Etiqueta de señal byte Camino - Este byte especifica el tipo de asignación en el VC-N. Valores binarios estándar para C2 son:		
MSB	LSB	Code Hex	Interpretación
Bits 1-4	Bits 5-8		
0000	0000	00	sin equipar o supervisora no equipada

C2	0000	0001	01	Equipado – no específico
	0000	0010	02	Estructura TUG
	0000	0011	03	Bloqueo TU-n
	0000	0100	04	Mapeo asíncrono de 34.368 kbit / s, o 44.736 kbit / s en el contenedor-3
	0001	0010	12	Mapeo asíncrona de 139.264 kbit / s en el contenedor-4
	0001	0011	13	Mapeo ATM
	0001	0100	14	MAN DQDB (IEEE Standard 802.6) la cartografía
	0001	0101	15	FDDI (ISO Standard 9314) de mapeo
	0001	0110	16	Asignación de señales de HDLC / PPP (Internet Norma 51) entramado
	0001	0111	17	Mapeo de simple enlace de datos (SDL) con SDH auto sincronización aleatorización
	0001	1000	18	Señales de Cartografía de HDLC / LAP-S entramado
	0001	1001	19	Mapeo de simple enlace de datos (<i>Simple Data Link</i> SDL)
	0001	1010	1A	Mapeo de tramas / s Ethernet de 10 Gbit (IEEE 802.3)
	1100	1111	CF	Mapeo Obsoleto de HDLC / PPP enmarcado señal
	1110	0001	E1	Reservado para uso nacional
			
	1111	1100	FC	Reservado para uso nacional
	1111	1110	FE	Señal de prueba, O.181 cartografía específica
	1111	1111	FF	VC-AIS

Byte de estado Camino Path Status byte - Este byte se utiliza para transmitir el camino que termina el estado y el rendimiento de vuelta al camino originario equipo de terminación.

Por lo tanto el camino bi-direccional en su totalidad se puede controlar, desde cualquier extremo de la trayectoria.

G1



REI (Remote Error Indication) BIP-8 contador de violación

RDI (Remote Defect Indication) se envía de regreso

E-RDI (Enhanced RDI information)

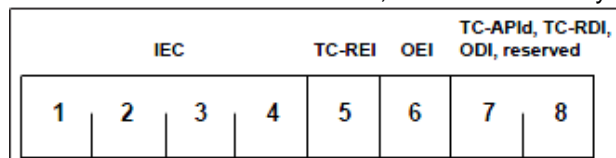
RDI=0 10 Defecto Carga útil (PLM)

RDI=1 01 Defecto servidor (AIS, LOP)

RDI=1 10 Defecto de conectividad (TIM, UNEQ)

Byte operador de red - Este byte se asigna para proporcionar un orden superior Tandem supervisión de conexión en función de (HO-TCM). N1 se asigna para Tandem Control de la conexión de VC-4, los niveles VC-4 y VC-3.

N1



IEC (*Incoming Error Count*) Recuento de errores de entrada, BIP-8 errores en la conexión tandem

TC-REI: (*Remote Error Indication in a TC subnetwork*) Indicador de error remoto en una conexión tandem

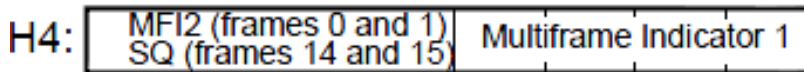
OEI: Outing Error Indication Indicador fuera de error

Multiframe: TC-API (Access point Identifier)

Indicacion de secuencia para la concatenacion virtual, si la carga util es una combinacion de VC-2, VC-12 o VC-11



H4 Secuencia multitrama LO
 xx11xx00: puntero a V1
 xx11xx01: puntero a V2
 xx11xx10: puntero a V3
 xx11xx11: puntero a V4

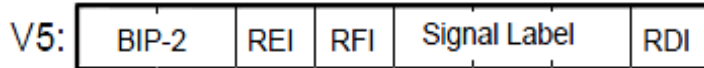


VC-3/4 secuencia
 Bit 5-8 Indicador de multitrama
 Trama 0 bit 1-4
 Trama 1 bit 1-4
 Trama 14 bit 1-4
 Trama 15 bit 1-4

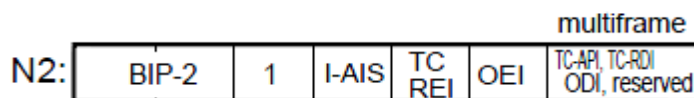
Fuente: Recomendación. ITU-T G.707, ITU-T G.783.

Tabla A.72. Encabezado de Camino Orden Inferior (LO-POH)

Byte	DESCRIPCIÓN
-------------	--------------------



V5
 BIP-2 bit 1: bit de paridad impar del VC anterior
 bit 2: Paridad par bits
 REI (Recibir indicación de error)
 RFI (indicación remota)
 Etiqueta de señal VC (mapeo)
 000 no equipado
 001 Reservado
 010 asíncrono flotante
 Síncrono 011 Bit
 Síncrono 100 Byte
 101 Extended Label señal
 110 Señal de prueba 0.181
 111 VC AIS



N2 BIP2 para conexión en cascada calcula sobre el VC
 I-AIS (*Incoming AIS*): AIS Entrante

TC-REI (*Remote Indication Error in a TC subnetwork*) : Indicación Error remoto en una subred TC
 OEI (*Outgoing Error Indication*): Indicación de error Saliente
 Multiframe: TC-API (*Access Point Identifier*): Identificador de punto de acceso
 TC-RDI (*RDI Tandem Connection*): RDI conexión en cascada
 ODI (indicación de defecto saliente)

Los bits 1-4 se asignan para APS de señalización para la protección a nivel de trayecto de orden inferior. Los bits 5-7 están reservados para uso opcional. Bit 8 está reservado para uso futuro y no tiene valor definido

K4



ESL (Extended Label señal) de 32 bits multitrama
 los bits 1-11 Multiframe Alineamiento
 los bits 12 a 19:
 09: ATM
 0A: HDLC / PPP
 0B: HDLC / LAPS
 Prueba de señal concatenados: 0C
 los bits 20 a 32: 0 reservado para el futuro
 VC (Baja Orden concatenación virtual)
 APS: canal de conmutación de protección automática
 E-RDI (información mejorada RDI)
 (RDI = 0) 010: Defecto de carga útil (PLM)
 (RDI = 1) 101: Defecto servidor AIS, LOP
 (RDI = 1) 110: Defecto de conectividad (TIM, UNEQ)
 DL: Baja Orden de enlace de datos

Fuente: Recomendación. ITU-T G.707, ITU-T G.783.

3.3. A.3. Especificaciones de Fibra Óptica.

3.3.1. A.3. 1.Fibra Óptica Monomodo Estándar G.652.A

Tabla A.73. Valores típicos comunes Fibra Óptica G.652.A.

ATRIBUTOS DE LA FIBRA OPTICA G.652. A		
ATRIBUTO	Dato	Valor
Ventanas de operación	Segunda ventana Tercera ventana Cuarta Ventana	1260nm-1360 nm 1530nm-1565 nm 1565nm-1625 nm
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm 1550 nm

Coefficiente de atenuación máxima	Máximo a 1310 nm	0.5 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0.4 dB/km
Coefficiente de dispersión cromática	S ₁₅₅₀	0.093 ps/nm ² .km
Perdida por Empalme		No mayor a 0.2dB
Perdida por macro flexión	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550nm	0.50dB

Fuente: UIT-T G.652: características de la Fibra Óptica Monomodo. **Recuperado de:** <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>

3.3.2. A.3.2. Fibra Óptica Monomodo G.652.B

Tabla A.74. Valores típicos comunes Fibra Óptica G.652.B.

ATRIBUTOS DE LA FIBRA OPTICA G.652.B		
ATRIBUTO	Dato	Valor
Ventanas de operación	Segunda ventana	1260nm-1360 nm
	Tercera ventana	1530nm-1565 nm
	Cuarta Ventana	1565nm-1625 nm
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
		1550 nm
Coefficiente de atenuación	1260nm-1360 nm	0.4 dB/km
	1530nm-1565 nm	0.28 dB/km
	1565nm-1625 nm	0.35 dB/km
Coefficiente de atenuación máxima	Máximo a 1310 nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0.35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0.4 dB/km
Coefficiente de dispersion cromática	D ₁₅₅₀	17 ps/nm *km
	S ₁₅₅₀	0.093 ps/nm ² .km
Coefficiente de PMD	MQ	20 cables
		0.01%

Fuente: UIT-T G.652: características de la Fibra Óptica Monomodo. **Recuperado de:** <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>

3.3.3. A.3.3. Fibra Óptica Monomodo G.652.C

Tabla A.75. Valores típicos comunes Fibra Óptica G.652.C.

ATRIBUTOS DE LA FIBRA OPTICA G.652.C		
ATRIBUTO	Dato	Valor
Ventanas de operación	Segunda ventana	1260nm-1360 nm
	Tercera ventana	1530nm-1565 nm
	Cuarta Ventana	1565nm-1625 nm
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
		1550 nm
Coeficiente de atenuación	1260nm-1360 nm	0.4 dB/km
	1530nm-1565 nm	0.28 dB/km
	1565nm-1625 nm	0.35 dB/km
Coeficiente de atenuación máxima	Máximo a 1310 nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0.35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0.4 dB/km
Coeficiente de dispersión cromática	D ₁₅₅₀	17 ps/nm *km
	S ₁₅₅₀	0.093 ps/nm ² .km
Coeficiente de PMD	MQ	20 cables
		0.01%

Fuente: UIT-T G.652: Características de la Fibra Óptica Monomodo. Recuperado de: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>

3.3.4. A.3.4. Fibra Óptica Monomodo G.652.D

Tabla A.76. Valores típicos comunes Fibra Óptica G.652.D.

ATRIBUTOS DE LA FIBRA OPTICA G.652.C		
ATRIBUTO	Dato	Valor
Ventanas de operación	Segunda ventana	1260nm-1360 nm
	Tercera ventana	1530nm-1565 nm
	Cuarta Ventana	1565nm-1625 nm
Longitud Onda Cero Dispersión (nm)	-----	1310 - 1322 nm
Coeficiente de atenuación máxima	Máximo de 1310 nm a 1625nm	0.4 dB/km
	Máximo a 1383 nm	0.37 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0.3 dB/km

Coefficiente de dispersion cromática	1285 -1330 nm	3.5 ps/nm.km
	1550 nm	18 ps/nm.km
	1625 nm	22 ps/nm.km
Coefficiente de PMD	fibra individual	0,15 ps/VKm
Pendiente Dispersion Cero (ps /nm²Km)	-----	0.90

Fuente: UIT-T G.653: Características de la Fibra Óptica Monomodo DSF. **Recuperado de:** <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>

3.3.5. A.3.5. Fibra Óptica Monomodo con Dispersión Desplazada A

Tabla A. 8. Valores típicos comunes Fibra Óptica G.653.A

ATRIBUTOS DE LA FIBRA OPTICA G.653.A		
ATRIBUTO	Dato	Valor
Ventanas de operación	Tercera ventana	1530nm-1565 nm
	Cuarta Ventana	1565nm-1625 nm
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1550 nm
Coefficiente de atenuación maxima	Máximo a 1550 nm	0.35 dB/km
Coefficiente de dispersion cromática	Λ_{min}	1525nm
	$\Lambda_{máx}$	1575nm
	Λ_{0min}	1500nm
	$\Lambda_{0máx}$	1600nm
	$\Lambda_{máx}$	3.5ps/nm*km
Coefficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0.01%

Fuente: UIT-T G.653: Características de la Fibra Óptica Monomodo DSF. **Recuperado de:** <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>

3.3.6. A.3.6. Fibra Óptica Monomodo con Dispersión Desplazada B

Tabla A. 9. Valores típicos comunes Fibra Óptica G.653.B

ATRIBUTOS DE LA FIBRA OPTICA G.653.B		
ATRIBUTO	Dato	Valor

Ventanas de operación	Tercera ventana Cuarta Ventana	1530nm-1565 nm 1565nm-1625 nm
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1550 nm
Coefficiente de atenuación máxima	Máximo a 1550 nm	0.35 dB/km
Coefficiente de dispersion cromática	D_{1550} $D_{\min}(\lambda): 1460-1525$ nm $D_{\min}(\lambda): 1525-1625$ nm $D_{\max}(\lambda): 1460-1575$ nm $D_{\max}(\lambda): 1575-1625$ nm	0 ps/nm*km 0,085(λ -1525) - 3,5 3,5/75*(λ -1600) 3,5/75*(λ -1500) 0.085 * (λ -1525)+ 3.5
Coefficiente de PMD	M Q	20 cables 0.01%

Fuente: UIT-T G.653: Características de la Fibra Óptica Monomodo DSF.B. **Recuperado de:** <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>

3.3.7. A.3.7. Fibra Óptica Monomodo con Dispersión Desplazada no Nula (NZ-DSF)

Tabla A.10. Valores típicos comunes Fibra Óptica G.655.

ATRIBUTOS DE LA FIBRA OPTICA G.655		
ATRIBUTO	Dato	Valor
Ventanas de operación	Tercera ventana Cuarta Ventana	1530nm-1565 nm 1565nm-1625 nm
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1550 nm
Coefficiente de atenuación máxima	Máximo a 1550 nm	0.35 dB/km
Coefficiente de dispersion cromática	Λ_{\min} y Λ_{\max} D_{\min} $D_{\max}(\lambda): 1460-1575$ nm	1530 y 1565 nm 0.1 ps/nm*km 6.0 ps/nm*km
signo		Positivo o negativo

Fuente: UIT-T G.653: Características de la Fibra Óptica Monomodo con Dispersión Desplazada no Nula. **Recuperado de:** <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>.

4. ANEXO B.

CAPITULO II.

4.1. B.2.1. Consideraciones para el Tendido de Fibra Óptica y Distribución del enlace.

Existen diversos métodos, necesarios para realizar un tendido de fibra óptica. Cada uno depende de la topografía del terreno, nivel de seguridad y el tipo de infraestructura existente en la zona. A partir de este criterio se diferencian las siguientes metodologías:

4.2. B.2.2. Tendido subterráneo.

En este tipo de metodología se utiliza cables que posean armaduras metálicas, que sirvan de protección contra roedores y condiciones climáticas.

4.2.1. B.2.2.1. Canalización (Urbana e Interurbana)

Se realiza a lo largo de subductos, rodeados en su interior de tubería PVC, enterradas bajo tierra y sin revestimiento de concreto. Bajo la norma INEN 1869 y 2227, se establecen características específicas:

- Longitud: 6m
- Diámetro nominal del exterior: 110mm
- Espesor de pared uniforme: 2.7mm

Cabe señalar, que cuando se presentan otro tipo de consideraciones, se suele optar por tuberías de hierro galvanizado, con longitud de 6m y 10 cm de diámetro interior. Se detallan algunas consideraciones importantes para su selección:

- Lugares donde exista gran cantidad de vehículos pesados.

- Lugares donde exista cruce de puentes o carreteras, así como en el interior de las alcantarillas.

Por otra parte, en base a las proyecciones sobre el número de cables de fibra óptica que se pueden instalar en un determinado sector, se pueden tener monoductos, biductos o triductos PEAD⁵² agrupados en forma lineal unidos por una membrana de plástico flexible.

Aclarando esto, se puede entender mejor manera lo expresado, en base a la Figura B.9:

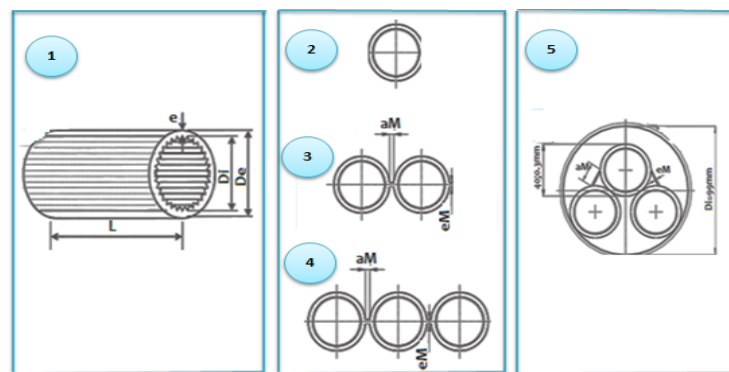


Figura B.123. Tuvo PEAD.

Fuente: (s.f). Plastigama. Recuperado de: www.sitio.plastigama.com

Dónde:

- **Di:** Diámetro Interior
- **De:** Diámetro exterior
- **e:** espesor de la pared
- **L:** Longitud del rollo
- **aM:** Ancho de la membrana
- **eM:** Espesor de la membrana

4.2.2. B.2.2.2. Directamente Enterrada

Este tipo de tendido es utilizado específicamente en zonas donde la distancia no es considerable, y se pretenda disminuir los costos de instalación.

⁵² PEAD: Tubos de polietileno de alta densidad

Después de los procesos anteriores y como su nombre lo indica los tubos son ubicados en canales, que presentan múltiples características, Figura B.10:

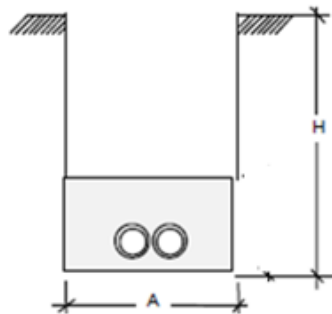


Figura B.124. Canalización por conducto

Fuente: Iberdrola (2009). Manual Técnico de Distribución. **Recuperado de:** http://www.aven.es/attachments/normas_iberdrola/mt_2_31_01.pdf

Donde:

- A= Ancho de la zanja.
- H= Profundidad de la zanja.

4.3. B.2.3. Accesorios de paso para ductos.

Existen algunos accesorios que ayudan a proteger la red canalizada de fibra óptica, contra agua, gases, lodo y cualquier tipo de obstrucción en la canalización. Los mismos que son llamados tapones de anclaje y sellado clasificados de la siguiente manera:

Se utilizan los denominados tapones *N-furcados*, (1), compuestos principalmente de caucho y no de metal para soportar de mejor manera condiciones ambientales extremas y son los encargados de fijar los ductos a las tuberías PVC, también consta de *tapones abiertos o guía*, (2), que se ubica en cada ducto y finalmente un *tapón ciego*, (3), que se instalan cuando no se realiza ninguna acción específica con el cable de fibra óptica, como se muestra en la Figura B.11.

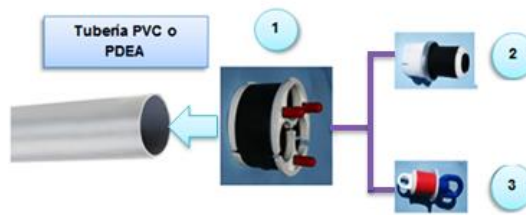


Figura B 125. Accesorio de paso para ducto.

Fuente: <http://nyn-ec.com/tapones%20para%20fibra%20optica.html>

Un punto importante a tomar en consideración en el tendido de fibra óptica, es utilizar tubos cóflex de $\frac{3}{4}$ " o comúnmente llamado corrugado, Figura B.12, desde la salida de cada boquilla hasta la boquilla de destino en cada pozo, para evitar que el cable de fibra óptica se enrede.



Figura B.126. Manguera corrugada.

Fuente: <http://nyn-ec.com/tapones%20para%20fibra%20optica.html>

Cada uno de los tubos se sujeta con abrazaderas a las paredes del pozo, tirafondos y tacos Fisher#10. El único caso en donde no se las utiliza es cuando se dejen reservas de cable o sea necesario realizar empalmes.

Para localizar los diferentes puntos donde se encuentra el tendido canalizado, desviación de ruta, o pozos formados por varios ductos, en todos los casos es necesario utilizar una *tapa de hierro fundido*, Figura B.13.

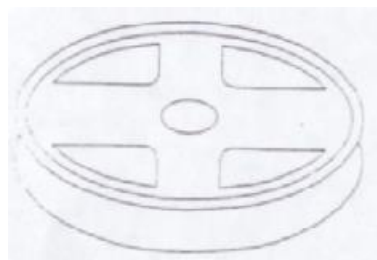


Figura B.127. Tapa de hierro.

Fuente: <http://nyn-ec.com/tapones%20para%20fibra%20optica.html>

Los pozos donde se encuentran, todos los subductos, deben estar contruidos de hormigón armado y varillas de refuerzo.

4.4. B.2.4. Formas de tendido del cable de fibra óptica.

Una vez determinado todos los aspectos necesarios para la canalización en zonas urbanas e interurbanas, el siguiente paso es fijar todas las consideraciones para efectuar el tendido de fibra óptica a lo largo de la ruta.

Divididos en cuatro tipos importantes de tendido:

4.4.1. B.2.4.1. TENDIDO MANUAL.

Esta forma de tendido lleva este nombre debido a que la tracción que se ejerce en cada arqueta o pozo es manual. Para efectuar esta tarea es necesario que una persona se encuentre en el inicio y final de las arquetas, así como en las zonas intermedias donde sea necesario controlar que el cable no se doble en exceso Figura B.14.

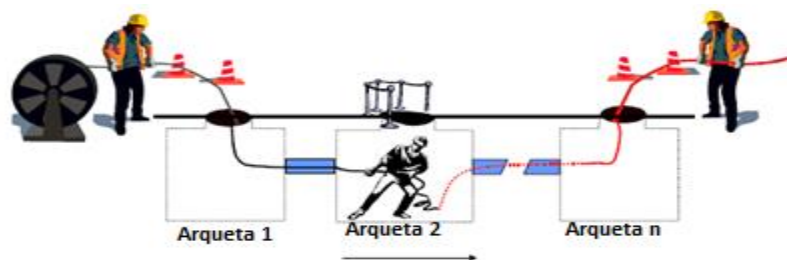


Figura B.128. Tendido manual para ducto.

Fuente: Recuperado de: <http://www.interior.ejgv.euskadi.net/Com001-Anexo - ET Instalación cable FO.pdf>

A la salida del cable se debe ir formando con el cable ochos, para evitar que se enrede o se rompa al sacarlo bruscamente. Por otra parte, es importante dejar reservas de cable en forma de anillos, en cada arqueta donde sea necesario, Figura B.15.

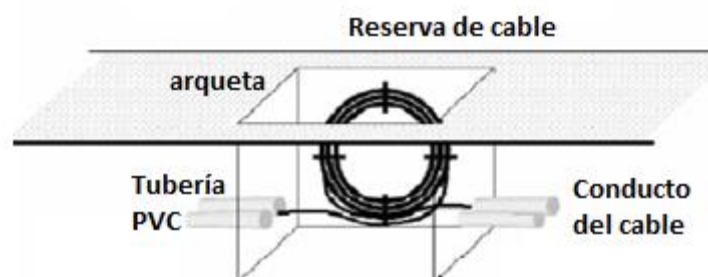


Figura B.129. Reserva de cables en forma de anillo.

Fuente: Tipos De Instalación De Fibra Óptica. (s.f) **Recuperado de:** <http://www.conelectronica.com/> Curso de fibra óptica

Determinados los cables de reserva se pueden realizar empalmes, en caso de un cambio en el tipo de cable de fibra óptica a utilizar a su salida, Figura B.16.

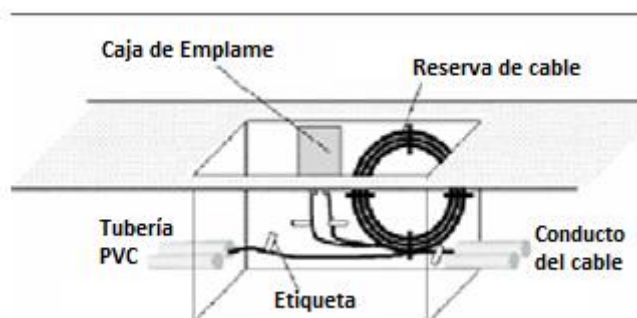


Figura B.130. Identificación de empalmes.

Fuente: Manual de Procedimientos de Construcción HFC (2008).

4.4.2. B.2.4.2. Tendido mediante “Floating”.

Esta forma de tendido es útil en canalizaciones que no presenten algún tipo de curvatura o cambio de dirección muy pronunciado. Su característica principal es introducir una gran cantidad de aire a gran velocidad dentro del ducto, con la utilización de un compresor de caudal y presión, logrando que el cable no rose las paredes de los ductos. Es necesario utilizar algún tipo de fluido como vaselina de petróleo o agua, siendo de suma importancia ya que la falta de la misma puede causar que el cable se frene bruscamente, ocasionando que el cable choque con las paredes del ducto.

4.4.3. B.2.4.3. Tendido mediante “Blowing”.

La diferencia principal en esta técnica de tendido es el equipo utilizado, ya que consiste en proporcionar una fuerza constante al momento de tirar el cable de fibra óptica en cada zona, Figura B.17.

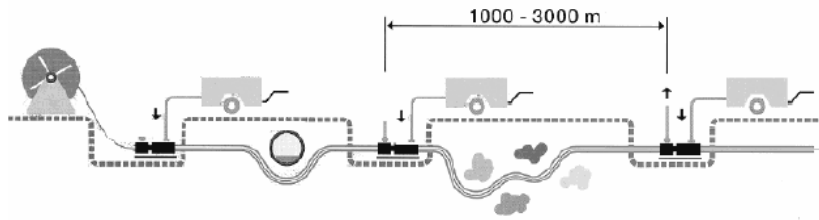


Figura B.131. Identificación de empalmes.

Fuente: Manual de Procedimientos de Construcción HFC (2008).

Las demás características son las mismas que el método anterior.

4.5. B.2.5. Tendido aéreo.

Este tipo de tendido es instalado junto a la infraestructura existente, que puede ser de la red eléctrica o alumbrado público. Por otra parte, es necesario especificar, que el tipo de tendido aéreo depende exclusivamente del cable de fibra óptica a utilizar en la instalación.

4.5.1. B.2.5.1. Instalación con Cable OPGW.

En base a las características establecidas en el primer capítulo, sobre este tipo de cable, Figura B.18. Su instalación se la realiza en zonas donde existan torres de alta tensión.

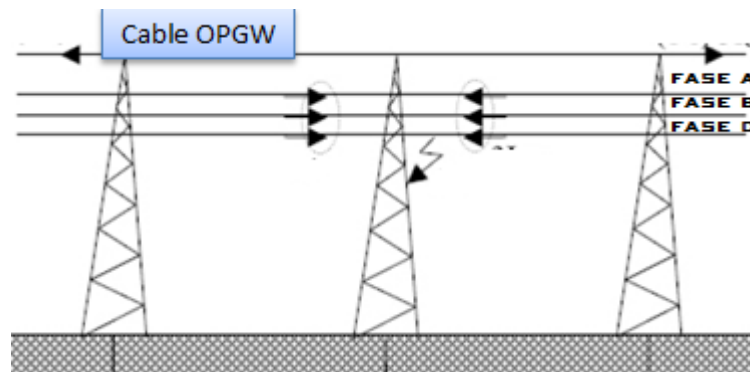


Figura B.132. Torres de alta tensión.

Fuente: Rodríguez, M. (2010). Cables de Guarda en Torres de Alta Tensión. **Recuperado de:** <http://www.ea1uro.com/ea1gx/CABLES-DE-GUARDA-EN-TORRES-DE-ALTA-TENSION-Y-RAYOS.pdf>

4.5.2. B.2.5.2. Cable Auto soportado ADSS.

A diferencia del cable anterior, su instalación se la realiza en los postes de alumbrado eléctrico, con el siguiente orden:

- Red de alta tensión
- Red de baja tensión
- Herramientas de dispersión de la red telefónica a 60 cm de la red de baja tensión.
- Herrajes de suspensión (de paso y terminal) de cable será a 20 cm. de los herrajes de dispersión
- Caja de dispersión se ubica a 10 cm de los herrajes de suspensión (terminal), con una altura aproximada de 5m desde el piso

Posee diferencias importantes ya que son mucho más livianos y más fáciles de manipular. En la actualidad se utilizan dos tipos de tendidos básicos, que son:

4.5.2.1. B.2.5.2.1. Tendido mediante carrete fijo.

Se ubica el carrete en línea y a la doble distancia con el poste, con el fin de evitar que el cable se una con el poste o el carrete. Con la ayuda de un levantador de cables se ingresa la fibra óptica hacia el soporte de cables, que al momento de alar el cable de un poste a otro, se forman bucles de exceso, para prevenir la ruptura del cable, durante el tendido, Figura B.19:

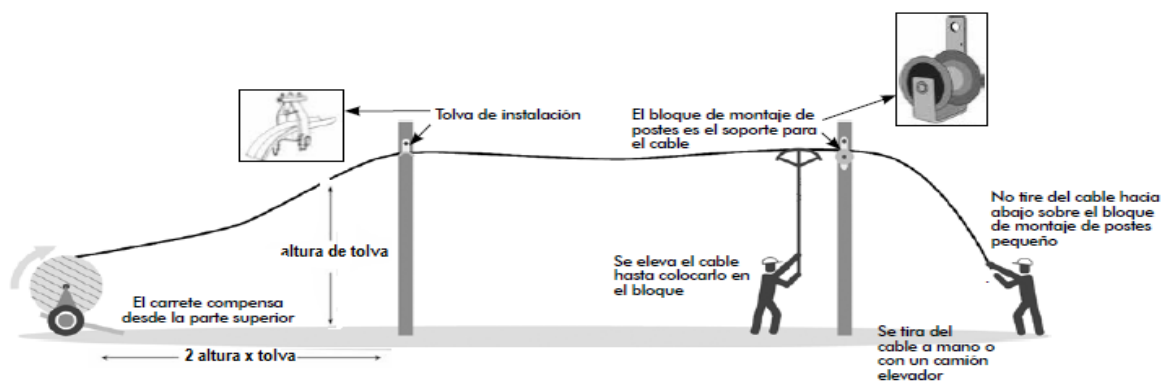


Figura B.133. Método de carrete fijo.

Fuente: Manual de Construcción y Aplicaciones de Banda Ancha. **Recuperado de** http://www.commscope.com/docs/trunk_distribution_const_manual_ii-106549_es-mx.pdf

4.5.2.2. B.2.5.2.2. Tendido mediante carrete móvil.

Se realiza los mismos pasos, con la diferencia de que el carrete se encuentra en un vehículo que circula a lo largo de todo el tendido, Figura B.20:



Figura 134. Método de carrete móvil.

Fuente: Manual de Construcción y Aplicaciones de Banda Ancha. **Recuperado de** http://www.commscope.com/docs/trunk_distribution_const_manual_ii-106549_es-mx.pdf

Una vez realizado lo descrito anteriormente, para la sujeción del cable en los postes donde esta tendido la fibra óptica, se utilizan los herrajes tipo A o terminal, que permiten cambiar la dirección del cable de acuerdo a su ubicación y el tipo B o de paso, Figura B.21, utilizado para distancias relativamente cortas o entre dos herrajes tipo A.

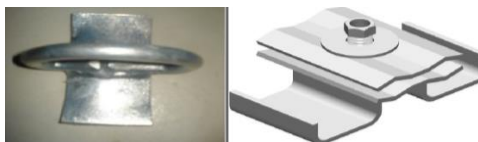


Figura B.135. Herrajes A y B.

Fuente: Manual de Procedimientos de Construcción HFC (2008).

Para sujetarlos en los postes se utiliza la cinta acerada, Figura B.22 y binchas de sujeción:



Figura B.136. Cinta acerada y bincha de sujeción.

Fuente: Manual de Procedimientos de Construcción HFC (2008).

El siguiente paso es colocar brazos extensores, denominados thimble clevis, seguido del cable preformado, para lograr envolver el cable de fibra óptica y sujetarlo firmemente a los herrajes tipo A, Figura B.23, con el fin de evitar las oscilaciones producidas por el viento.

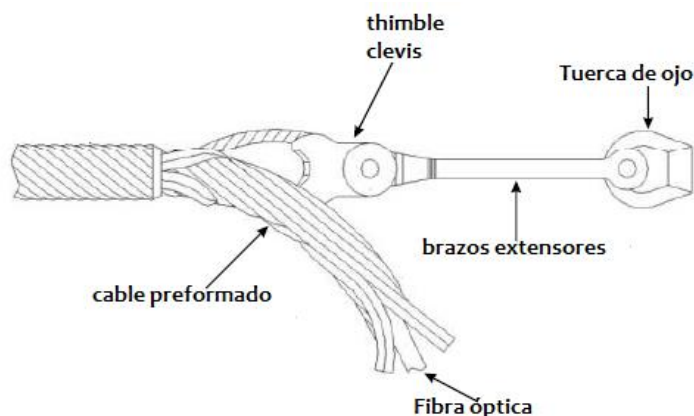


Figura B.137. Herraje terminal.

Fuente: Manual de Procedimientos de Construcción HFC (2008).

Otro punto a considerar, es que los herrajes terminales deben ser colocados uno o dos postes alternados con herrajes de paso, Figura B.24.

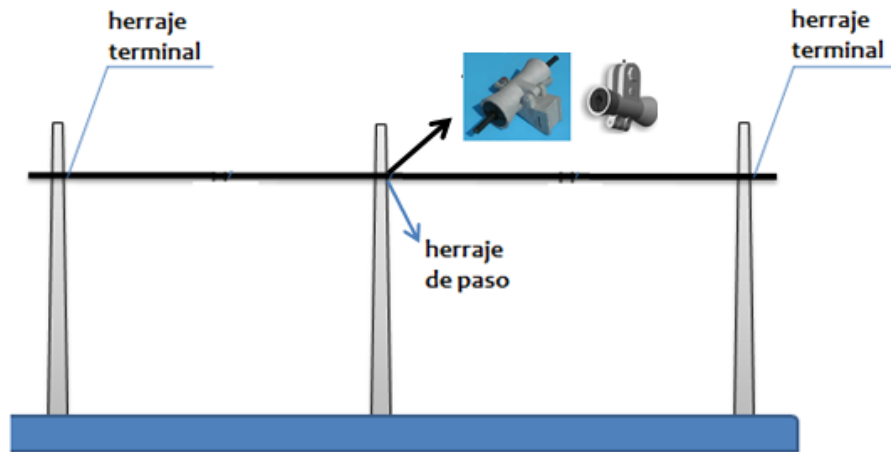


Figura B.138. Herrajes terminales y de paso.

Fuente: <http://www.conectronica.com/Curso-de-Fibra-Optica/Tipos-de-Instalaci%C3%B3n-de-Fibra-%C3%B3ptica.html>

En el caso específico de que los ángulos del cable se desvíen por un cruce de calles y no se tenga un mensajero de soporte, se realiza el herraje de cruce americano con aseguramiento de grilletes, como se indica en la Figura B.25:

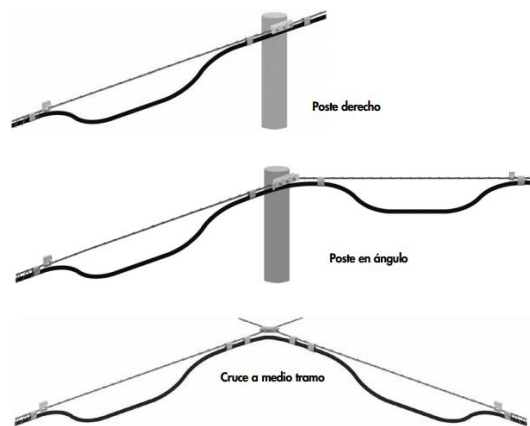


Figura B.139. Herraje de cruce americano.

Fuente: Manual de Construcción y Aplicaciones de Banda Ancha.

Recuperado de: http://www.commscope.com/docs/trunk_distribution_const_manual_ii-106549_es-mx.pdf

Con este procedimiento se logra que la fibra óptica se reparta de forma uniforme y su peso sea repartido en partes iguales, a lo largo de todo el tendido de fibra óptica.

4.6. B.2.6. Tendido mixto.

En este tipo de metodología se utilizan los dos tipos de tendidos descritos anteriormente, en donde se realiza empalmes en zonas intermedias del enlace, con la finalidad de garantizar su funcionalidad, de acuerdo a las características que presente el tipo de cable utilizado.

Aclarando esto, podemos establecer algunos casos necesarios, para este tipo de tendido:

- En el caso de cables aéreos que son utilizados en el *tendido canalizado*, la distancia no debe sobrepasar los 600 metros. Se debe utilizar tapones y manguera corrugada contra fenómenos externos.
- En el caso de cables canalizados que son utilizados en *tendidos aéreos*, la distancia no debe sobrepasar los 300 metros y se utilizará herrajes del tipo ADSS, para garantizar el correcto funcionamiento del enlace.

Cuando se realiza este tendido, existen zonas donde se hace necesario realizar la subida del cable de la canalización hacia los postes, a través de una manguera hacia el herraje, en donde los siguientes elementos son necesarios para cumplir este propósito:

- Canaleta de subida
- Cono de subida
- Cinta acerada
- Grapas o candado para fleje de acero
- Cinta perforada

Dichos elementos observados en la figura permiten proteger el cable de fibra óptica y fijarlos firmemente al poste, Figura B.26:



Figura B.140. Cintas de protección.

Fuente: Manual de Construcción y Aplicaciones de Banda Ancha. **Recuperado de**
http://www.commscope.com/docs/trunk_distribution_const_manual_ji-106549_es-mx.pdf

5. ANEXO C.

CAPITULO III.

5.1. C.3.1.Arquitectura SDH y Esquemas de Protección.

Dentro de las formas descritas anteriormente, para aumentar la disponibilidad en una red de servicio, no es posible garantizar que las fallas se eliminen al 100%. Debido a esto, SDH proporciona mecanismos de protección robustos que ayudan a conmutar el tráfico a una ruta alternativa adicional con una determinada capacidad de canal, en el momento de un fallo en la red.

5.1.1. C.3.1.1. Elementos de Red.

La red de transporte SDH, presenta varios equipos de Multiplexación necesarios para cumplir con los procesos de disponibilidad, administración, sincronización y gestión de la red, clasificados en base a la Recomendación UIT-T-G.783, denominados elementos de red NE. Se clasifican de la siguiente manera:

- (1) Multiplexores Terminales (TM)
- (2) Multiplexores Add/Drop (ADM)
- (3) Multiplexores de Conexión cruzada (DXC)
- (4) Regeneradores

5.1.1.1.C.3.1.1.1. Multiplexores Terminales.

Los TM⁵³, Figura.C.27, tienen la capacidad de recibir información proveniente de los ADM, para enviar los diferentes servicios que requiere cada una de las centrales o nodos destino, a través de tarjetas ubicadas en el equipo.

⁵³ Terminal Multiplexer

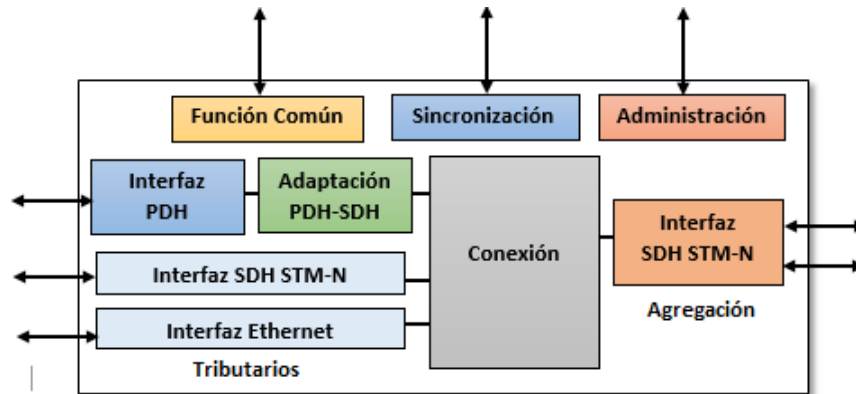


Figura C.141. Esquema de Multiplexor Terminal.

Fuente: Marconi, (2004) *Introducción a la jerarquía Digital Síncrona, Fundamentos Básicos.* (ed. e) AN00091831

5.1.1.2.C.3.1.1.2. Multiplexores Add/Drop (ADMs⁵⁴).

Los ADMs, Figura.C.28, a diferencia del TM poseen dos interfaces STM-N del mismo nivel de jerarquía en ambas direcciones (A/B), tiene la capacidad de extraer e insertar varias señales tributarias dentro de la señal STM-N.

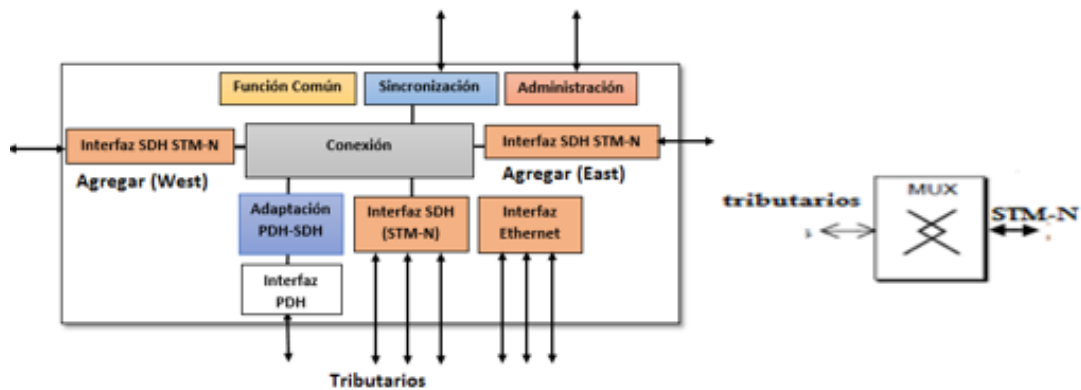


Figura C.142. Esquema de Multiplexor Add/Drop.

Fuente: Marconi, (2004) *Introducción a la jerarquía Digital Síncrona, Fundamentos Básicos.* (ed. e) AN00091831

⁵⁴ Add/Drop Multiplexer

5.1.1.3. C.3.1.1.3. Multiplexores de Conexión cruzada (DXC).

Los DXC⁵⁵s, Figura C.29, tiene similares funciones que los ADMs, su diferencia está en que se divide en hasta cuatro interfaces STM-N (A1/B1 y A2/B2) en las cuales se puede intercambiar información en forma cruzada. A diferencia de los ADM, el administrador configura el tipo de tráfico que desee enviar hacia las centrales, con la adición de tarjetas.

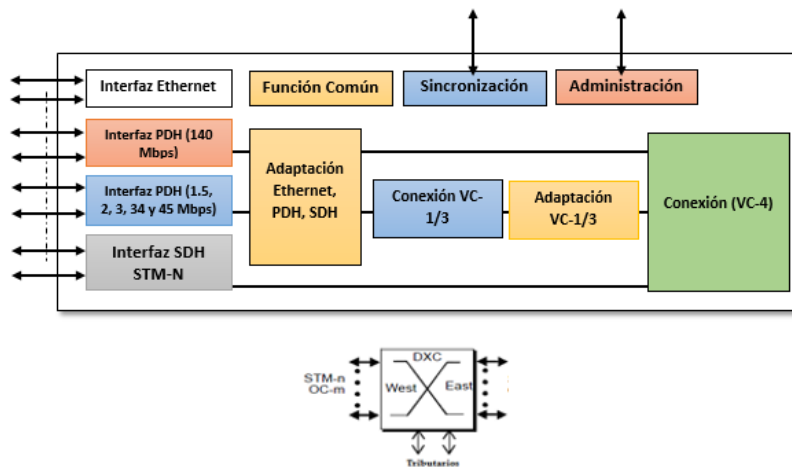


Figura C.143. Esquema de Multiplexor DXC.

Fuente: Marconi, (2004) *Introducción a la jerarquía Digital Síncrona, Fundamentos Básicos*. (ed. e)

AN00091831

Por otro lado, los DXCs pueden clasificarse de la siguiente manera:

- (1) Conexión cruzada de Orden Superior
- (2) Conexión Cruzada de Orden Inferior

5.1.1.4. C.3.1.1.4. Conexión Cruzada de Orden superior.

Se encarga de conmutar los VC-4 y STM-1, de un STM-1 a otro que se encuentre en el lado opuesto. Lo que permite que cualquier STM-1 pueda insertar o extraer los tributarios que se encuentran en el equipo, Figura C.30.

⁵⁵ Digital Cross Connect

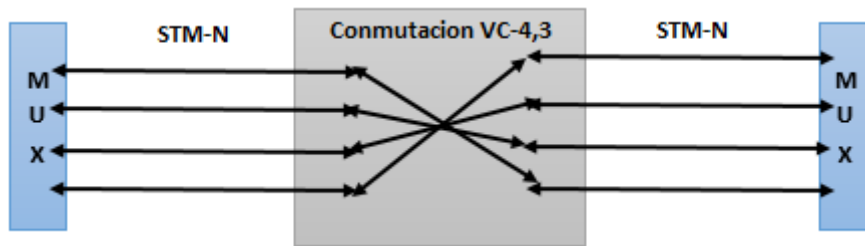


Figura C.144. Esquema de Multiplexor Add/Drop.

Fuente: Marconi, (2004) *Introducción a la jerarquía Digital Síncrona, Fundamentos Básicos.* (ed. e) AN00091831

5.1.1.5. C.3.1.1.5. Conexión Cruzada de Orden Inferior.

Es similar al anterior, pero con la utilización de VC de Orden Inferior (VC-12, VC-2), Figura C.31:

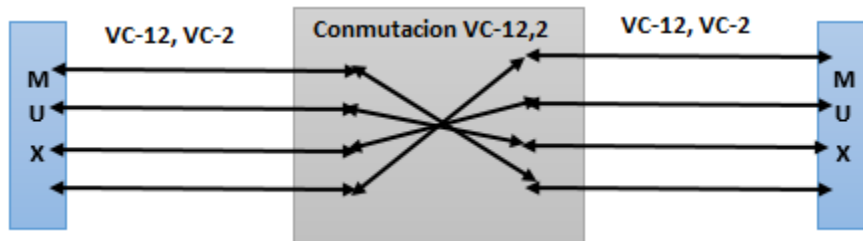


Figura C.145. Esquema de Multiplexor Add/Drop.

Fuente: Marconi, (2004) *Introducción a la jerarquía Digital Síncrona, Fundamentos Básicos.* (ed. e) AN00091831

5.1.1.6. C.3.1.1.6. Regeneradores.

Los equipos regeneradores, Figura C.32, son los encargados de recuperar la señal, cuando se produce un alto nivel de distorsión de la señal ocasionado por algunos factores como: atenuación o grandes distancias del enlace.



Figura C.146. Regenerador.

Fuente: Marconi, (2004) *Introducción a la jerarquía Digital Síncrona, Fundamentos Básicos.* (ed. e) AN00091831

Una vez determinado los diferentes NE, estos incorporan las siguientes funciones básicas:

- Tarjetas PDH, tributarios (2, 34, 45 o 140 Mbps), generalmente multipuerto, con protección de la tarjeta de la 1: 1 o 1: n;
- Tarjetas Ethernet, interfaz de tributario (10 o 100 Mbps) o tarjetas Gigabit Ethernet, proporcionando diversas soluciones para el apoyo de SDH Ethernet, con o sin asignación de ancho de banda modular;
- Tarjetas SDH, interfaz de tributario (STM-1, STM-4 o STM-16), un solo puerto o multipuerto, con protección de la tarjeta y, a veces protección MSP, SNCP;
- Tarjetas SDH agregadas (STM-1, STM-4, STM-16 STM o 64 dependiendo de la tasa de bits requerida en el anillo), por lo general con 2 tarjetas de un solo puerto por anillo de 2 fibras ópticas;
- Cross-conexión matrices con redundancia 1 + 1;
- Convertidores y fuente de alimentación por tarjeta;

El proceso de transportar señales tributarias encapsuladas en un STM-N a través de un canal de comunicación, se describe a través de los siguientes pasos, Figura C.33:

- 1) Todas las señales ingresan al TM1.
- 2) El TM1 genera cabeceras de RSOH1, MSOH1 y POH, y las envía al equipo de interconexión (ADMs o DXCs) dependiendo del tipo de topología.
- 3) El equipo de interconexión evalúa las cabeceras RSOH1, MSOH1 y POH, genera un nuevo RSOH2 y MSOH2, y envía las señales al REG. El POH se mantiene intacto.
- 4) El equipo regenerador solo recibe y evalúa la cabera RSOH2 de la trama STM manteniendo intactos las demás cabeceras, generando un nuevo RSOH3 enviado al TM2. Ambos MSOH2 y POH se mantienen intactos.
- 5) El TM2 extrae la información del RSOH3, MSOH2 y POH y enrutan la parte accesible al cliente.

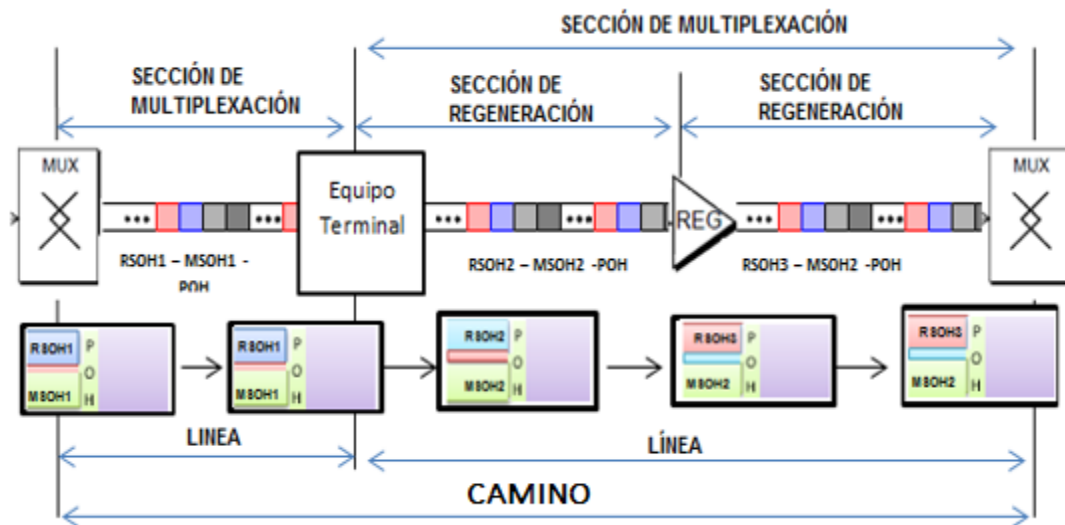
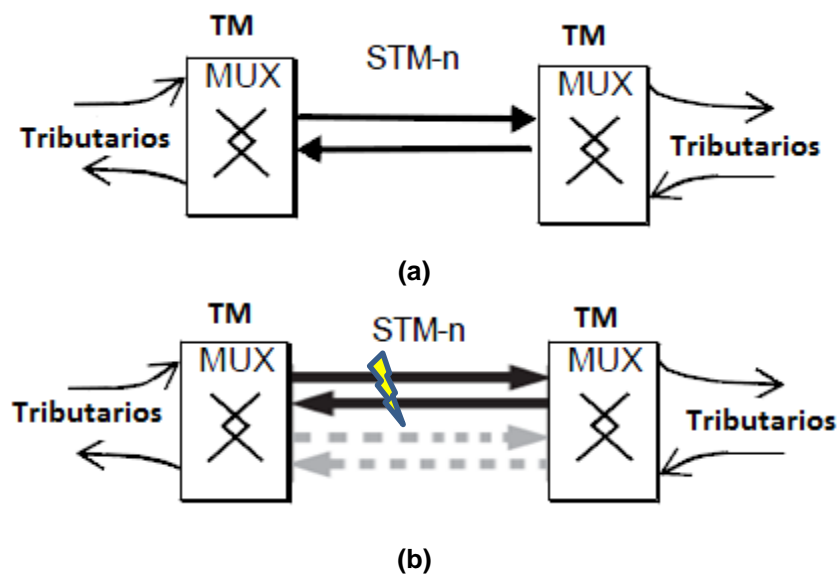


Figura C.147. Arquitectura de red SDH.

Fuente: Caballero, J. (2012). *Redes de Sincronización SDH*. Barcelona. ALBELDO Telecom

5.2. C.3.2. Topología de red SDH.

Las funciones que los NE realizan, depende del tipo de distribución en los diferentes nodos que transporten los tributarios a partir de dos ubicaciones diferentes. Siendo una de las más simples la **Topología Lineal**, sin ser capaz de garantizar el servicio en caso de una falla, Figura C.34:



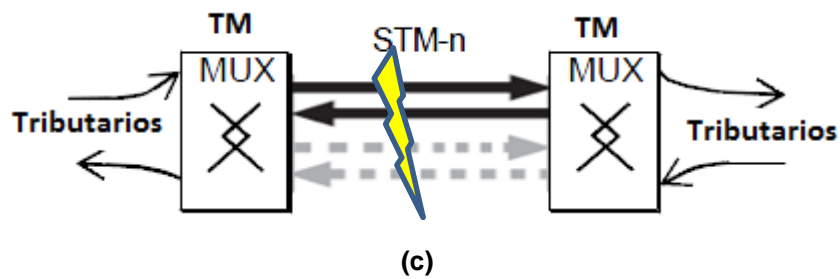


Figura C.148. (a) Topología de red punto a punto (b) Punto a punto con falla en el canal de trabajo (c) Punto a punto con falla total de canal de transporte.

Fuente: Caballero, J & Hens, F (2003). Installation and Maintenance of SDH/SONET, ATM, XDSL, and Synchronization

A partir de esta Topología, Figura, entre dos TM, se puede insertar uno o más ADM entre dos TM, con dos terminales de línea STM-N y un terminal de tributarios. Como se observa en la Figura C.35. En el caso de fallo, se toman las mismas consideraciones que el ejemplo anterior.

Un punto importante, es establecer que en cada una de las Topologías de red proporcionan un canal de trabajo, que se utiliza para transportar en forma normal el tráfico de servicios al cliente, y un canal de protección en el momento de un fallo.

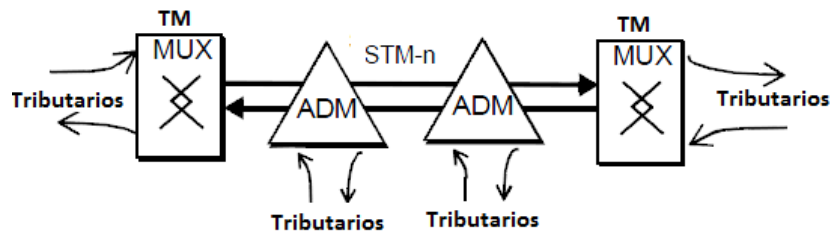


Figura C.149. Topología de red Lineal.

Fuente: Caballero, J & Hens, F (2003). Installation and Maintenance of SDH/SONET, ATM, XDSL, and Synchronization

La poca escalabilidad de NE que puede ser instalado en una red de tipo lineal, además de la pérdida del servicio en caso de una ruptura total del canal de comunicación, hace de la **Topología en anillo** la más viable. Dentro de sus beneficios destacan: la utilización de diversos ADMs que permiten tener un sistema de transporte escalable, y tolerante a múltiples fallos, con tiempo de conmutación inferior a los 50ms, Figura C.36, especialmente si se aplican los Esquemas de Protección que se detallan más adelante.

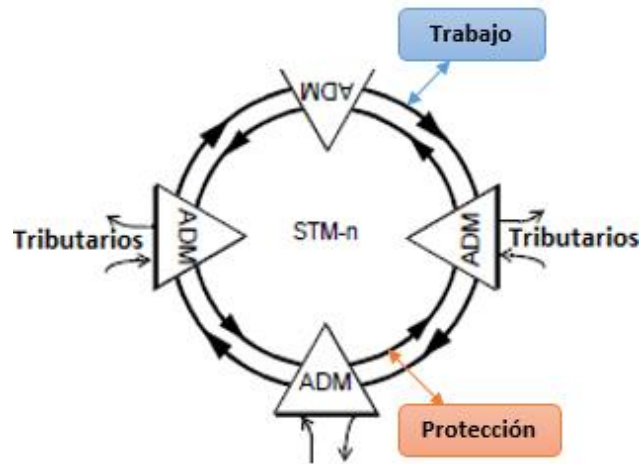


Figura C.150. Topología de red en anillo

Fuente: Caballero, J & Hens, F (2003). Installation and Maintenance of SDH/SONET, ATM, XDSL, and Synchronization.

Como se observa en la Figura C.37, la **Topología de red en estrella**, permite que cada uno de los ADM se conectan a una sola estación central. Mientras en la **Topología en Malla**, cada NE (ADM o DXC) tiene varias conexión punto a punto en forma dedicada con cualquier de los NE. En cada uno de los casos, los NE tienen múltiples interfaces tributarias que pueden dar acceso a redes locales, o extensas.

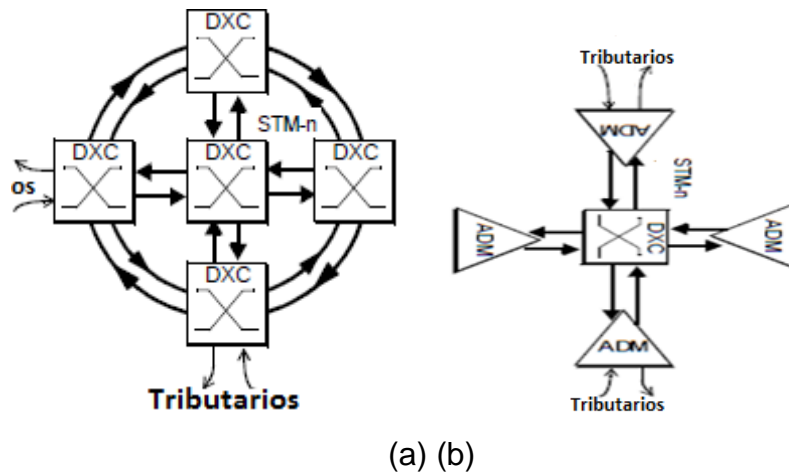


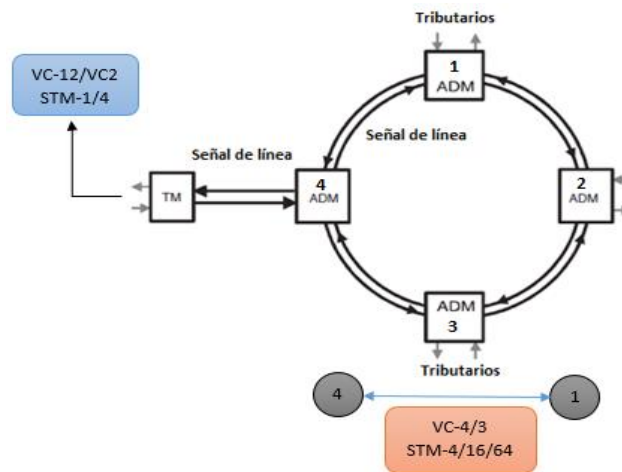
Figura C.151. Topología de red en Malla (a). Topología en estrella (b).

Fuente: Caballero, J & Hens, F (2003). Installation and Maintenance of SDH/SONET, ATM, XDSL, and Synchronization.

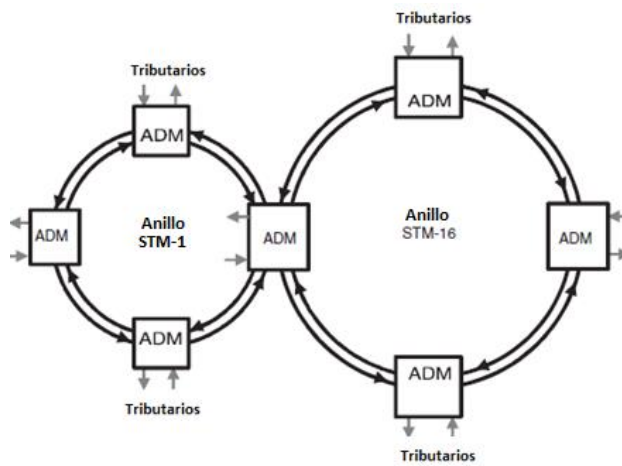
Aclarado esto, se establece que a partir de las múltiples Topologías de red que pueden dar acceso a múltiples nodos y proveer de servicios con diversas capacidades a los clientes. Una red de transporte SDH puede distribuir su

transmisión en base al tipo de red a la que se esté integrando, siendo esta: de Area Local, de Area Metropolitana, de Area Extensa.

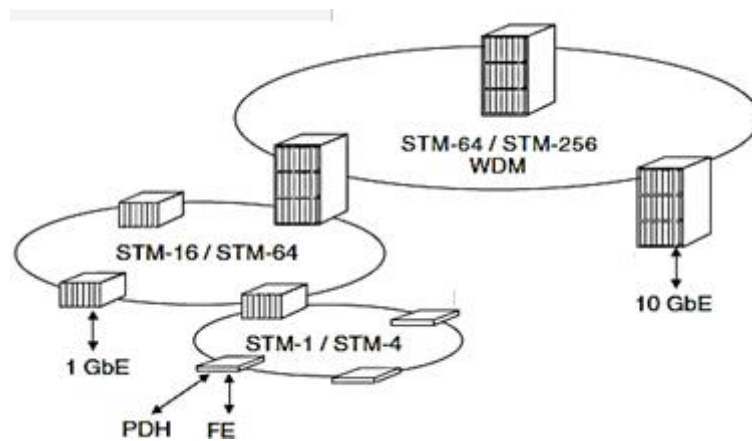
En base a la Figura C.38, los tributarios de orden inferior de un TM se agregan a la señal de línea del ADM (a), en el caso de dos anillos integrados el STM-1 puede integrar todos los tributarios de nivel inferior, mientras el anillo STM-16 sirve de concentrador principal que transporta el tráfico entre anillos, formando una malla (b), para finalmente formar una topología de red Mixta (c).



(a)



(b)



(c)

Figura C.152. Topología de Red de Transporte SDH.

Fuente: Helvoort, H (2009). THE COM SOC GUIDE TO NEXT GENERATION OPTICAL TRANSPORT

5.3. C.3.3. Esquemas de Protección.

Los sistemas de protección brindan un alto índice de disponibilidad a la Red de Transporte SDH, mediante la localización de fallas en NE o enlaces. Además de disponer a la red de mecanismos de protección, que permiten tener varios canales de respaldo para que los servicios, funcionen en forma normal, mientras se realiza la reparación. En otras palabras una red de transmisión con redundancia de servicios.

5.3.1. C.3.3.1. Esquemas de Protección Lineal SDH.

Los esquemas de Protección lineales se clasifican de la siguiente manera:

- (1) Esquema de protección 1+1
- (2) Esquema de protección 1:1
- (3) Esquema de Protección 1: N
- (4) Esquema de Protección M: N

5.3.1.1.C.3.3.1.1. Esquema de Protección 1+1:

El esquema de protección 1+1, el nodo origen transporta el tráfico al canal de trabajo y protección en forma simultánea, con la ayuda de un puente en el emisor. En el momento que se registra un fallo el nodo destino se encarga de conmutar la señal hacia el canal de respaldo. Figura C.39:

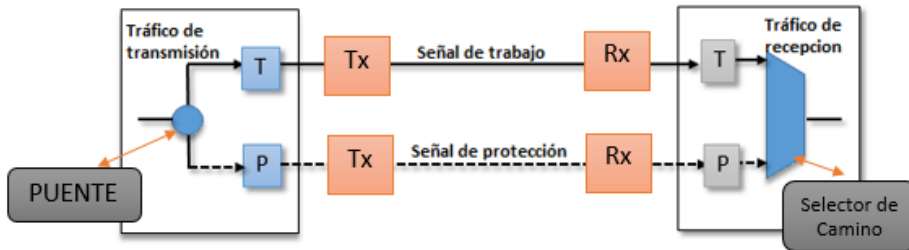


Figura C.153. Esquema de Protección 1+1.

Fuente: Gorshe, S. (2005). Tutorial sobre SONET/SDH.

5.3.1.2. C.3.3.1.2. Esquema de Protección 1:1.

A diferencia del anterior, el esquema de protección 1:1, Figura C.40, no tiene un puente en forma permanente en el nodo emisor, ya que el canal de protección se mantiene en espera, para ser conmutado en caso de ser necesario. El canal de protección puede integrar tráfico adicional, pero este tráfico se pierde cuando se realiza la conmutación.

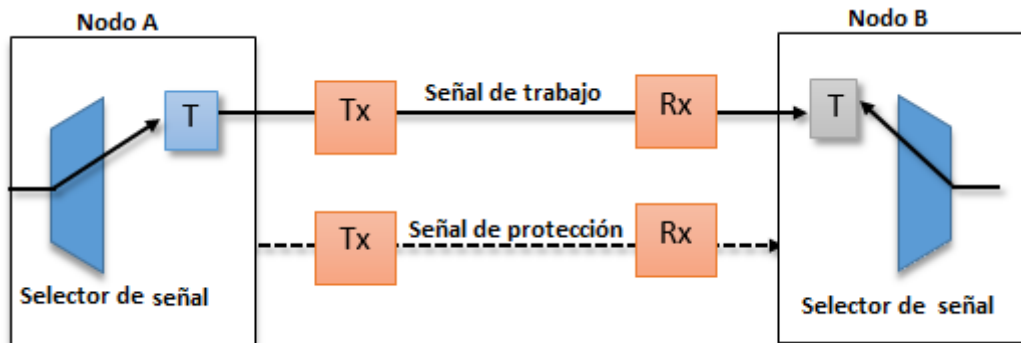


Figura C.154. Esquema de Protección 1+1.

Fuente: Gorshe, S. (2005). Tutorial sobre SONET/SDH.

5.3.1.3. C.3.3.1.3. Esquema de Protección 1:N.

Este esquema posee el mismo funcionamiento que el esquema 1:1, con la diferencia de que varias señales de trabajo pueden ser conmutados a una señal de protección, como se observa en la Figura C.41:

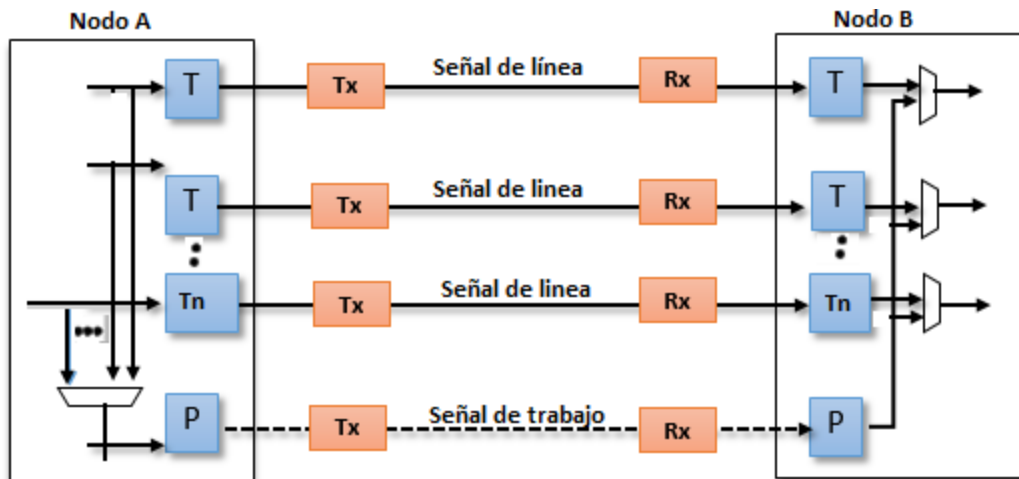


Figura C.155. Esquema de Protección 1+1.

Fuente: Gorshe, S. (2005). Tutorial sobre SONET/SDH.

5.3.1.4. C.3.3.1.4. APS⁵⁶ (Conmutación de Protección Automática)

Al proveer tiempos de restauración inferiores a los 60 o 50 ms, los mecanismos de conmutación que se necesitan para cumplir con este propósito, depende en mucho del tipo de protección que se realice en el anillo. En este sentido, uno de ellos es la Conmutación de protección Automática⁵⁷ o Auto curación⁵⁸. Aplicable a los siguientes esquemas de Protección:

- Protección 1:1 y 1:n.
- Protección en Anillo de Protección Compartida⁵⁹.

⁵⁶ Automatic Protection Switching

⁵⁷ **APS**: Automatic Protection Switching

⁵⁸ **SHR**: Self-Healing ring

⁵⁹ **MS SPring**: Multiplex Section Shared Protection ring

Finalmente, uno de las consideraciones más importantes es, que el proceso de APS se logra a partir de los bytes K1 y K2 responsables de indicar la información necesaria del tipo de fallo que se ha en el momento del envío o transporte de un determinado servicio.

5.3.1.5. C.3.3.1.5. Esquema de Protección Unidireccional y Bidireccional.

En la protección unidireccional el tráfico es enrutado en una sola dirección de este a oeste o a la derecha mientras el tráfico de protección está en dirección contraria, en este caso solo la dirección afectada es conmutada, mientras en la protección bidireccional conmuta ambas direcciones independientemente si afecta o no al canal y transportando el tráfico en ambas direcciones, Figura C.42:

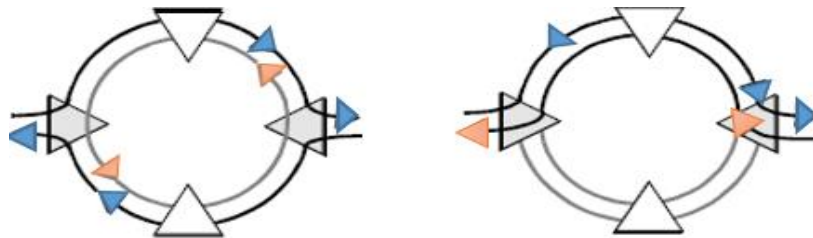


Figura C.156. Protección Unidireccional y Bidireccional.

Fuente: Caballero, J & Hens, F. (2011). Network Synchronization

5.3.1.6. C.3.3.1.6. Protección reversivo o no reversivo.

Dentro de los esquemas de protección, existe la posibilidad de que el tráfico que ha sido conmutado a un canal alternativo, puede volver a su estado normal una vez que el fallo ha sido reparado. El administrador configura si quiere que se realice este tipo de protección en los NE SDH.

5.3.2. C.3.3.2. Esquemas de Protección en Anillo SDH

5.3.2.1. C.3.3.2.1. Esquema de Protección SNCP⁶⁰.

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 los contenedores de orden superior el byte K3 y K2 en el orden inferior son los encargados de realizar la conmutación. Cabe destacar que este tipo de protección pueden ser utilizados en topologías lineales, anillo y en malla.

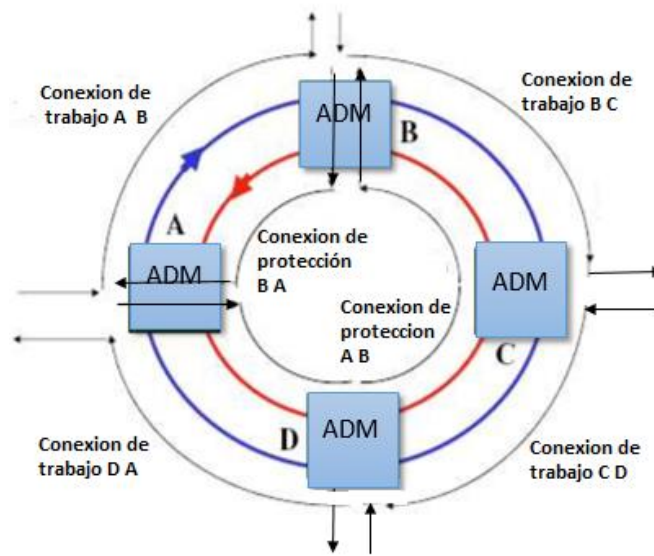
SNCP, presenta algunas características especiales detalladas a continuación:

- Tiempo de espera para protección⁶¹: en el momento en que se produce una falla en el VC, el esquema inicia un temporizador. En caso de que el fallo pueda ser reparado automáticamente por el administrador o el dispositivo.
- Tiempo de conmutación: es el tiempo que tarda a conmutar, que debe ser menor a los 50 ms, no se incluyen los tiempos de espera ni el de fallo.
- Tiempo de espera de restauración de servicio: es el tiempo de espera para activar el servicio, una vez que desaparece la falla y si es el caso revertir a la señal de trabajo.

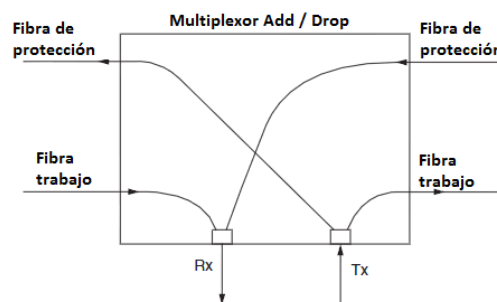
Para una mejor comprensión se observa la siguiente Figura C.43 Las conexiones de trabajo en cada enlace (a), además de la forma de conmutación en cada uno de los nodos (b):

⁶⁰ **Subnetwork Connection Protection:** Conexión de Protección de Subred

⁶¹ Hold-off



(a)



(b)

Figura C.157. (a) Esquema de protección SNCP. (b) Modelo de conmutación SNCP.

Fuente: Lee, B & Woojune, K. (2002). Integrated Broadband Networks: TCP/IP, ATM, SDH/SONET, and WDM/Optics.

5.3.2.2. C.3.3.2.2. Esquema de Protección MSSPring/2 y MSSPring/4.

El esquema MSSPring, tiene como principio de funcionamiento el transporte tráfico en forma bidireccional. Utiliza el modo de conmutación APS, detallado en la (Sección 1.3.2.). Los bytes responsables de notificar el fallo en el canal o en el NE son los bytes K1 y K2, ubicados en la MSOH.

La Figura., indica que los anillos MSSPring pueden ser utilizados en anillos de dos y cuatro fibras. En el primer caso, cada fibra transporta la mitad de su capacidad en sentido horario, mientras que la fibra restante lo hace en forma opuesta a la

señal de trabajo. En el anillo bidireccional de cuatro fibras, dos de las fibras son de protección, con las mismas consideraciones descritas anteriormente. Figura C.44:

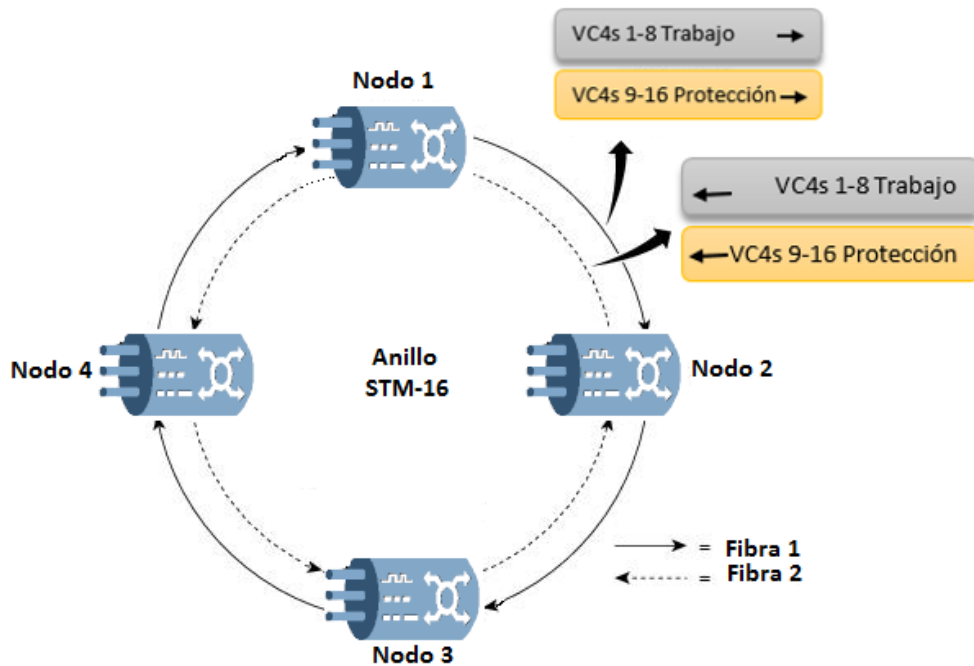
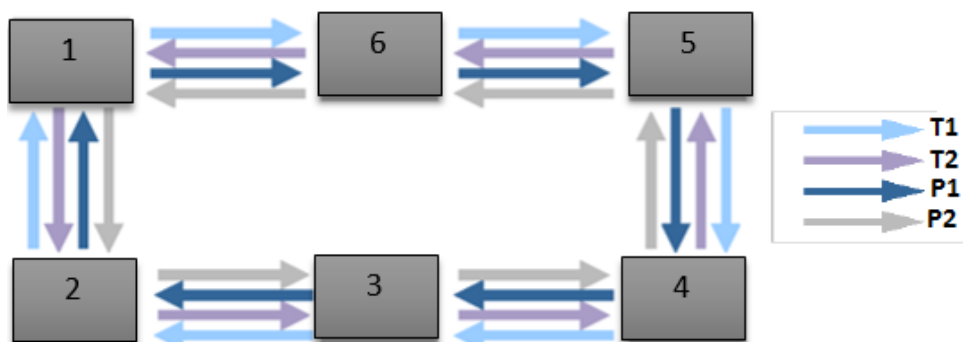


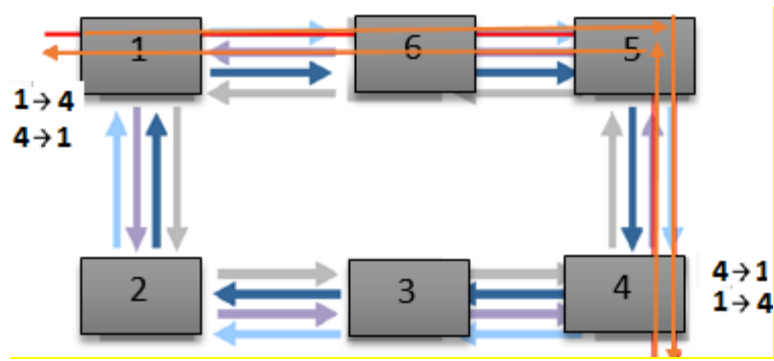
Figura C.158. Protección MSSPring/2.

Fuente: Perros, H. (2005) Fuente: Connection Oriented Network SONET/SDH, ATM, MPLS and Optical Network.

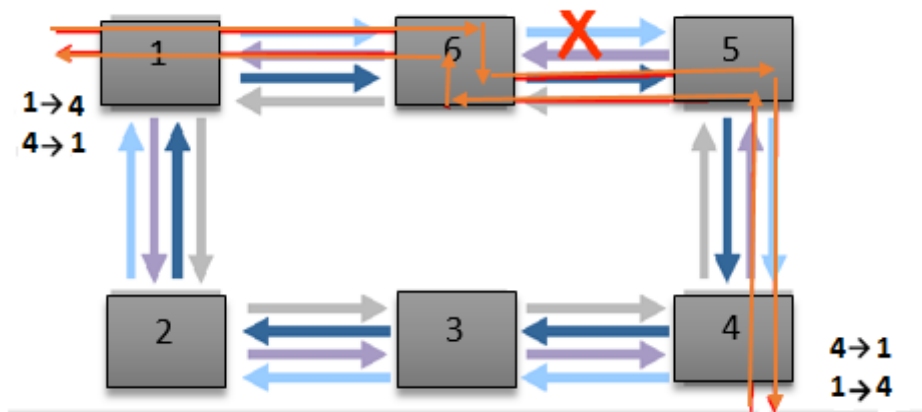
A continuación se detalla el esquema de protección MSSPring/4, en condición normal y de fallo, Figura C.45:



(a)



(b)



(c)

Figura C.159. (a) Protección MSSPring/4. (b) Transporte de servicio. (c) Protección MSSPring/4 Condición de falla.

Fuente: Perros, H. (2005) Connection Oriented Network SONET/SDH, ATM, MPLS and Optical Network.

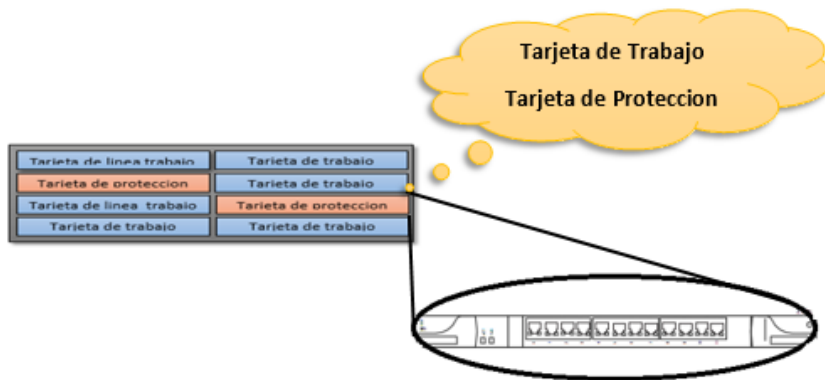
5.3.3. C.3.3.3. Protección de tarjetas de línea.

Los NE de red SDH, adicionalmente a la proteccion de servicios SNCP y la proteccion de ruta de MSSPring. Permite una proteccion a nivel de tarjetas de línea, clasificadas en:

5.3.3.1. C.3.3.3.1. Protección 1:1.

En este caso cada tarjeta de línea de trabajo o proteccion tiene una tarjeta adicional de respaldo del mismo tipo. En caso de falla de la misma, se dirige el

tráfico a la tarjeta de respaldo, mientras se resuelve el problema de la tarjeta principal. Como se observa en la Figura C.46 (a):



(a)



(b)

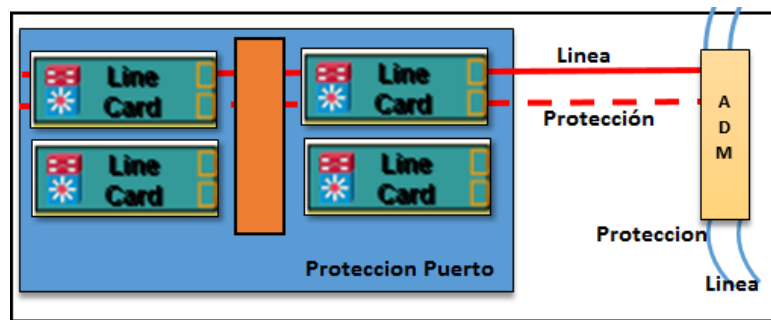
Figura C.160. Esquemas de Protección de tarjetas (a) 1:1 (b) 1:N.

Fuente: Smoot. R & Tan, N (2012) Private Cloud Computing.

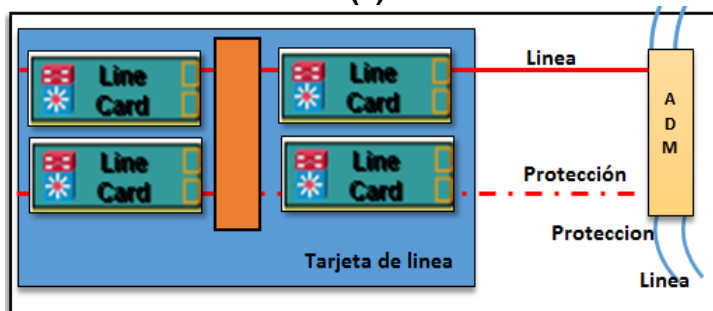
5.3.3.2. C.3.3.3.2. Protección 1:N.

A diferencia del anterior puede tener tarjetas de protección para múltiples tarjetas de trabajo, que deben tener la misma capacidad, ya que al momento del fallo en la tarjeta de línea de trabajo, se cambia hacia la tarjeta de protección. Figura C.46 (b).

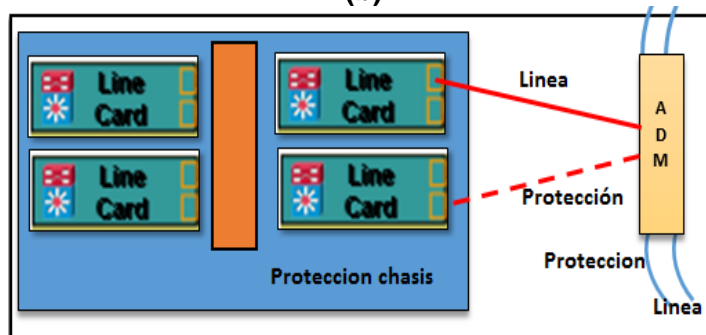
Para entender de mejor manera estas definiciones se puede observar el siguiente esquema, con los NE SDH y sus niveles de protección de tarjetas de línea, Figura C.47:



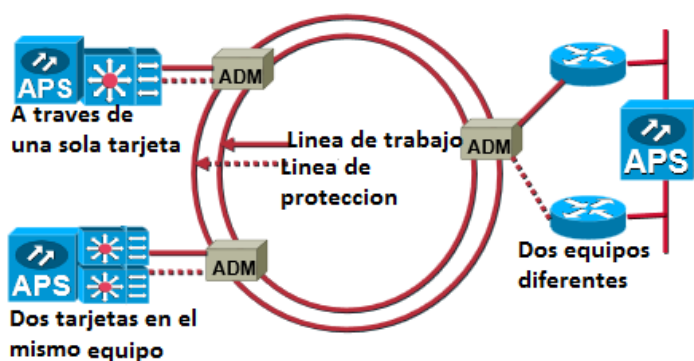
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura C.161. (a) Falla de puerto. (b) Falla de tarjeta de línea. (c) Falla de (d) equipo. Esquema general en anillo SDH

Fuente: Ramaswami, R & Sivarajan, K (2002). Optical Networks.

Finalmente, en la Tabla C.8, se realiza un esquema comparativo de los esquemas de Protección SDH:

Tabla C.77. Esquema comparativo de Protecciones SDH.

Parámetros	SNCP	MS-SPRing/4	MS-SPRing/2
Tx/Rx pares/nodo	2	4	2
Tipo de Protección	Trafico de sección, multiplexación, VC Individuales.	Trafico de multiplexación	Trafico de multiplexación
Es un esquema selectivo a nivel de VC	SI	NO	NO
Velocidad de Restauración	Rápida	Lenta	Lenta
Implementación	Simple	Compleja	Compleja
Aplicación	Redes de acceso	Redes de largo alcance	Redes metropolitanas
Gestión	Sencilla	Más difícil	Difícil
Costo	Bajo	Muy alto	Alto

Fuente: Fuente: Ramaswami, R & Sivarajan, K (2002). Optical Networks.

6. ANEXO D.

Gestión de Red SDH.

6.1. D.4.1. Funciones de Operación, Mantenimiento, y Control SDH.

Cada una de las capas SDH, tiene la capacidad de generar alarmas y características de monitoreo de errores durante el transporte de señales, entre los diferentes nodos terminales de la red. Una vez considera la asignación de bytes adicionales, asignados al Encabezado de Sección (SOH) y el encabezado de camino (POH). El siguiente paso es indicar las formas de Administración, Mantenimiento y Gestión (OAM) que se realiza dentro de la trama STM-N.

La arquitectura de red SDH, y su modelo de capas, Figura C.33, permite que las funciones de monitoreo, diagnóstico y envío de eventos al equipo terminal se manejen en forma sistemática, conforme la ubicación de la señal dentro del canal de transporte. Todos estos procesos de monitoreo del enlace, son realizados sin la necesidad de interrumpir el servicio.

6.2. D.4.2. Modo de Detección de alarmas en capas SDH.

6.2.1. D.4.2.1. Monitoreo de Rendimiento de una señal.

El monitoreo de rendimiento en un canal de comunicación, se utiliza para medir la calidad de la señal transmitida entre los diferentes segmentos del modelo capas SDH, que se lo realiza tomando en consideración dos factores fundamentales:

- Errores de Bits= **Anomalías**
- Alarmas= **Defectos**

6.2.1.1. D.4.2.1.1. Monitoreo de Errores.

Bit de paridad entrelazado (BIP).

Los bytes B1, B2, que se encuentran en la SOH, el B3 en la HO-POH y el V5 de LO-POH, descritos en la sección 1.8.1 del CAPITULO I. Realizan la supervisión de errores de paridad, sobre los bloques⁶² que componen la trama STM-N. Con lo que se conoce como comprobación de paridad BIP⁶³⁻ⁿ.

La asignación del valor de n, se realiza de acuerdo a la ubicación en la que se realice el monitoreo de errores, dentro de los segmentos del modelo de capas SDH, Figura D.48:

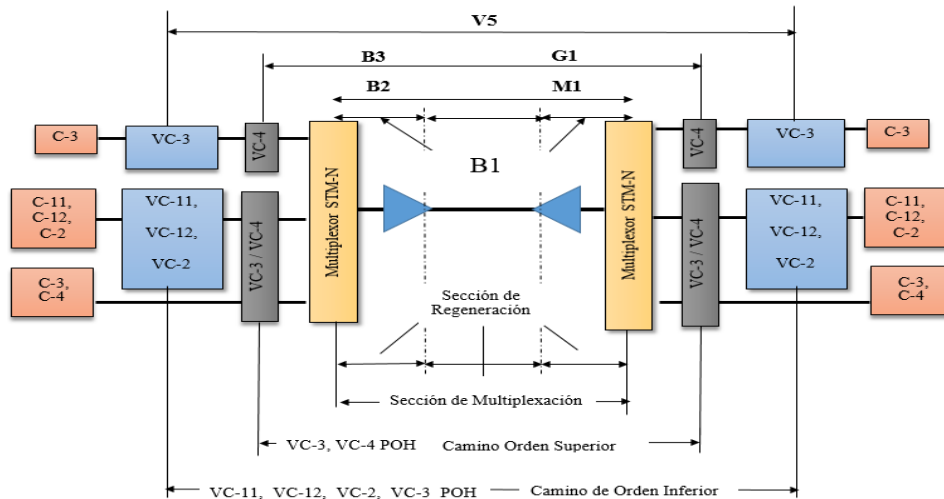


Figura D.162. Bloques de supervisión de errores BIP.

Fuente: Recomendación T-REC-G.826-200212-I.

Dicho proceso consiste en dividir en bloques a la trama STM-N y asignar un valor par o impar por cada bloque en la trama. Si el número de unos es par se pone un "0", caso contrario si es impar se pone "1", el resultado del proceso de Intercalado de bits, se transmite junto con los datos de la trama hacia el receptor. Responsable de separar los bits de paridad de la trama STM-N y compararlos con los bits del transmisor, para conocer el número de bloques con errores. En este

⁶² Serie de bits consecutivos asociados a un trayecto SDH, cada bit pertenece a un solo bloque.

⁶³ Bit Interleaved Parity (*Intercalado de bits de paridad*)

caso se genera una señal de alarma conocida como REI⁶⁴, que según su ubicación en la Figura se clasifican de la siguiente manera:

- **B1.**

Este byte se convierte en BIP-8, ya que se encuentra asignado un byte en la tara de Sección de Regeneración (RSOH).

- **B2**

Este byte es asignado a la tara de Sección de Multiplexación (MSOH), en este caso su valor es de BIP-24, ya que se asignan tres bytes. Aumentando el nivel de supervisión en forma constante, conforme el valor de la trama STM-N aumente de valor. El número de bloques de error que el transmisor detecta al realizar la comprobación es enviado de vuelta al transmisor a través del byte M1₂₋₈. Este byte es el responsable de emitir el mensaje MS-REI (Indicador de Error Remoto), descrito más adelante.

- **B3**

Este byte se utiliza para la verificación de paridad de extremo a extremo del trayecto, es decir HO-POH (VC-n, n= 4, 3). La información acerca de los bits con errores son enviados de vuelta al transmisor mediante el uso del byte G1₁₋₄. A partir de del mensaje HP-REI (Indicador de Error Remoto Camino de Alto Orden).

Los bits restantes del byte G1, se utilizan para realizar el proceso de APS, en el HO-POH, en el caso que el número de bloques erróneos aumente considerablemente.

- **V5.**

Este byte utiliza los dos primeros bits para la supervisión de error, por lo que se denomina BIP-2. El bit 3 envía un 1 en caso de error y un 0 en caso de no error, a través de LP-REI⁶⁵ (Indicación de Error Remoto Camino de Bajo Orden). Finalmente se detallan los valores específicos de “n” en la siguiente Tabla D.9:

Tabla D.78. Tamaños de bloque para la supervisión de la calidad de funcionamiento de trayectos SDH.

Trama (Tipo de Trayecto)	Orden de BIP (n)	Código de detección de errores
RSOH	BIP-8	B1

⁶⁴ Indicación de Error Remoto.

⁶⁵ Lower Order Path Remote Error Indication.

MSOH	BIP-24	B2
VC-4	BIP-8	B3
VC-3	BIP-8	B3
VC-12	BIP-2	V5 (b1, b2)

Fuente: Recomendación T-REC-G.826-200212-I

6.2.1.2. D.4.2.1.2. Monitoreo de Alarmas.

LOS (*Loss of Signal*) Pérdida de la señal.

Se produce cuando el receptor no puede recibir la señal del transmisor, ocasionados principalmente por la rotura del cable, mal funcionamiento de la fuente óptica, atenuación o falla en el NE SDH. Este error se genera específicamente en la sección de regeneración (RSOH). Cuando se ocasiona este error, el receptor envía una señal de alarma AIS.

LOF (*Loss of frame*) Pérdida de trama

En el caso que los bytes de alineamiento A1 y A2 no son recibidos en forma continua por el nodo receptor durante un periodo de $(125 \times 5 = 625 \mu s)$. Provoca que el receptor no sea capaz de alinear la trama en el inicio de la transmisión, entrando en modo de fallo conocido como OOF⁶⁶ (fuera de trama). En caso de que el error persista por más de 3ms, se genera una pérdida de trama LOF.

LOP (*Loss of Pointer*) Pérdida de puntero.

Esta alarma se inicia cuando el número de punteros, recibidos en forma errónea consecutivamente son más de (N=8, 9, 10). En el caso de recibir más de dos punteros sin errores o indicadores de alarma AIS, se reestablece la transmisión. Estas alarmas pueden ser detectadas en el puntero de AU, como (AU-LOP) y el puntero de TU (TU-LOP), Tabla.

⁶⁶ Out of Frame

AIS (Alarm Indication Signal) Indicación de señal de Alarma.

La detección de las señales de alarma LOS, LOF, LOP en la transmisión, generan una señal de alarma, conocida como AIS. Esta señal es enviada en sentido descendente hacia todos los NE, hasta alcanzar al siguiente nodo multiplexor (destino), en donde la señal de alarma AIS es transportada a través de los bytes $K2_{6-8}=111$, como se indica en la Figura C.49. En el caso que los bytes $K2_{6-8}=111$, se mantengan por más de tres tramas consecutivas, se indica al siguiente nodo de sección de multiplexación, que se ha detectado un problema en el nodo multiplexación (origen).

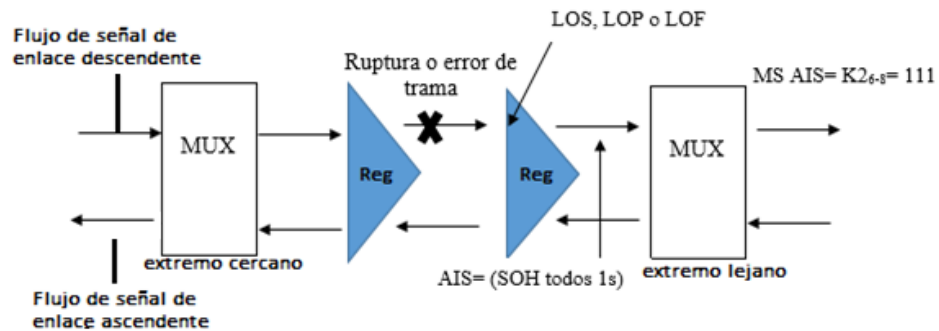


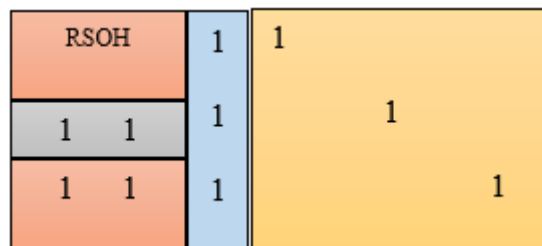
Figura D.163. Detección de LOS, LOP, LOF y generación de señal AIS.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

Las señales de alarma AIS, se generan en forma distinta según la ubicación en el modelo de capas de la red SDH. Clasificadas de la siguiente forma:

MS-AIS: Indicación de señal de alarma de sección de Multiplexación

Se genera con todos los bits a "1", menos la parte de la RSOH, como se indica en la, Figura D.50 (a).



(a)

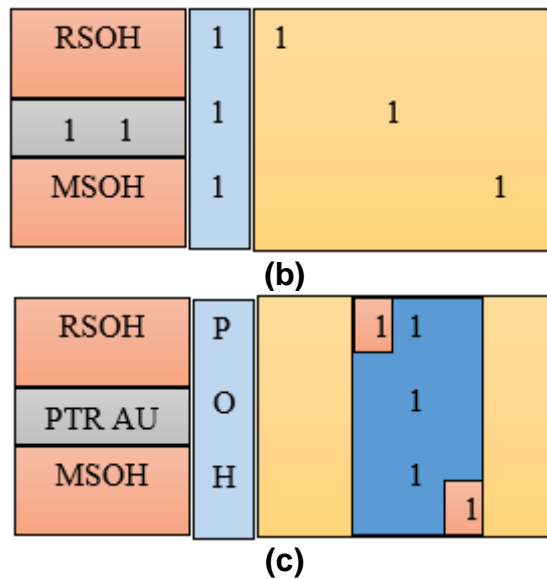


Figura D.164. (a) MS-AIS (b) AU-AIS (c) TU-AIS.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

AU-AIS: Indicación de señal de alarma de puntero de Unidad Administrativa.

Se genera con todos los bits del puntero de AU a “1”, es decir H1YY, H2FF, H3H3H3, menos la parte de la RSOH y MSOH, como se indica en la, Figura C.50 (b).

TU-AIS: Indicación de señal de alarma de Unidad Tributaria.

Se genera con todos los bits del puntero de TU a “1”, es decir V1, V2 y V3, menos la parte de la SOH y HO-POH, como se indica en la, Figura C.50 (c).

RDI (*Remote Defect Indication*) Indicador de Defecto Remoto.

En el momento en que se genera una señal de alarma AIS desde el regenerador, hacia el equipo multiplexor. Se forman dos señales. La primera es la señal MS-AIS que se transporta al siguiente nodo de multiplexación, a través del byte $K_{26-8}=111$. Por otra parte la segunda señal que se genera se denomina RDI, que se transporta hacia el nodo de multiplexación ascendente y pasa en forma transparente por el regenerador que envió la señal de alarma AIS, como se observa en la Figura D.51:

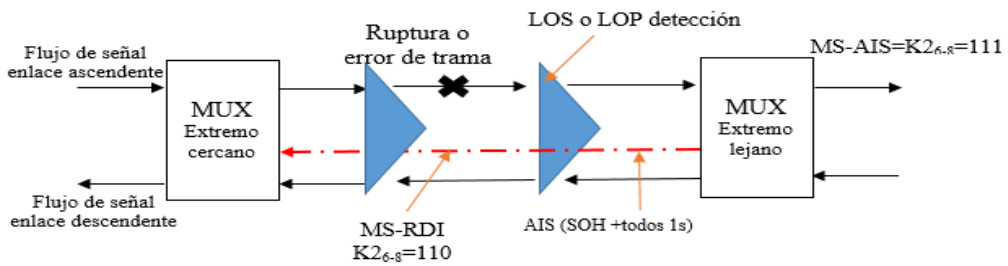


Figura D.165. Señal de alarma de Indicación de Defecto Remoto.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

En este caso el valor del byte $K2_{6-8}=110$, tomando el nombre de MS-RDI, debido a que la señal de alarma RDI se comunica entre dos secciones de multiplexación, como se observa en la Figura. D.52 (a). En base a la consideración anterior, cuando las señales de alarma AU-AIS, TU-AIS, es detectado por el nodo receptor se genera una señal de alarma (b) HP-RDI, que se envía mediante el envío de un 1 en el byte $G1_5$ y (c) LP-RDI, que se envía con 1 en el byte $G1_8$, en las secciones de HO-POH o LO-POH, respectivamente.

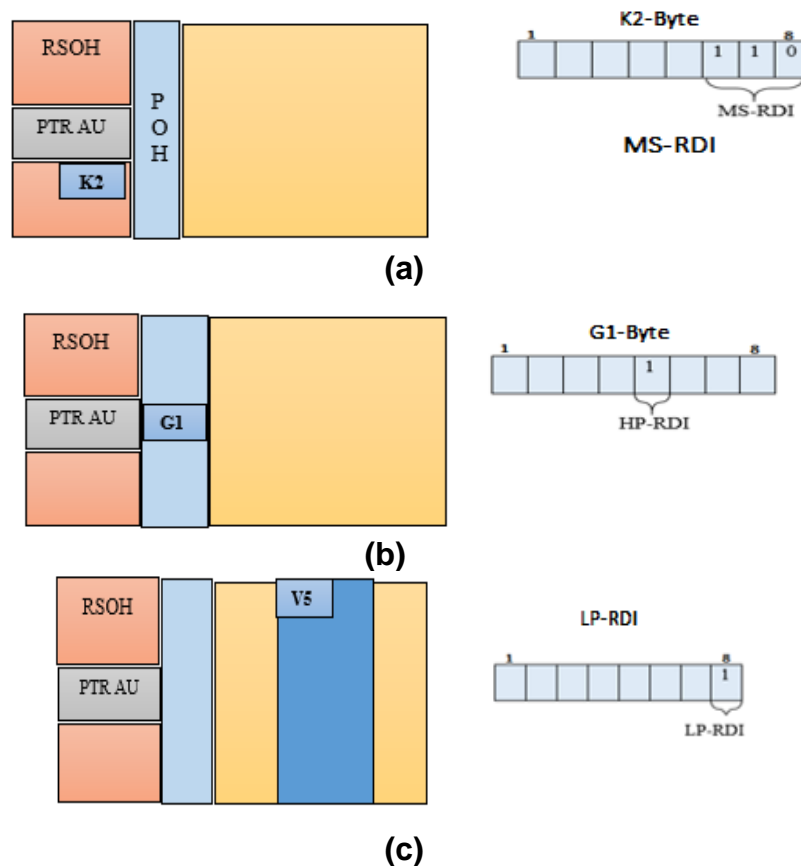


Figura D.166. (a) MS-RDI (b) HP-RDI (c) LP-RDI.

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

6.3. D.4.3. Parametros caracteristicos de error

La tecnología de transmisión SDH, permite realizar una distinción entre las diferentes eventos que pueden generarse en el enlace de red. Conocidas como:

- **Anomalias:** se utilizan para determinar la característica de error de un trayecto, sin la necesidad de provocar una interrupción forzada en el servicio, por considerarse de baja prioridad, al no generarse de manera constante.

Dentro de tipo de errores se encuentran:

a1 Los errores de bit "BIP-n".

a2 Indicación de error en el extremo remoto, según el segmento en el que se encuentre (x-REI, x=MS, HP, LP).

- **Defectos:** en este caso si el numero de anomalias que se generan en el enlace, se dan de manera continua, excediendo el limite de tiempo maximo, se considera como un defecto. El mismo que puede interrumpir el servicio, sino lo repara a tiempo. Al momento de detectar este algun defecto en el enlace, se generan multiples tipos de alarmas, que ayudan a determinar las posibles causas, ademas de la sección especifica en la que se genero la notificación de alarma. Los defectos que se generan en el enlace, se consideran como:

d1 Señal de alarma AIS, según el segmento en el que se encuentre el defecto, (x-AIS, x=MS, AU, TU)

d2 Indicación de defecto en el extremo remoto, según el segmento en el que se encuentre, (x-RDI, x=MS, HP, LP).

Una vez establecidas los diferentes eventos, que degradan, la señal la tecnología SDH, realiza una serie de acciones preventivas, (según Recomendación T-REC-G.829-200212-!!!PDF-S):

- (1) Mantener el circuito en funcionamiento, si los errores estan dentro de los limites torelables.
- (2) Tomar el circuito fuera de servicio y cambiar la señal hacia la ruta de protección.

Cada una de las acciones que se ejecutan al detectar un evento característico de error, en un segmento del modelo de capas, están determinados por un periodo de tiempo de indisponibilidad (seg), clasificados según Recomendación T-REC-G.829-200212-I!!!PDF-S, en las siguientes condiciones de error:

1. **Bloque con errores (EB, errored block):** Bloque que contiene uno o más bits erróneos.
2. **Segundo con errores (ES, errored second):** Periodo de un segundo en el cual se detecta uno o más bloques con errores o al menos un defecto.
3. **Segundo con muchos errores (SES, severely errored second):** secuencia de entre tres y nueve SES, generados en forma consecutiva.
4. **Errores de bloque de fondo (BBE, background block error):** se define como un bloque con errores que no forma parte del SES.

La medición de las diferentes condiciones de error (seg), se realizan tomando en cuenta los eventos que se generan al transmitir una señal a lo largo de los segmentos de la red, Tabla D.10:

Tabla D.79. Conjunto de parámetros y criterios de medición de errores/seg.

Parámetros	Condicion de error
ES	Se observa un ES en el extremo cercano cuando, durante un segundo, se produce una anomalía a1, o un defecto d1. Se observa un ES en el extremo distante, cuando, durante un segundo, se produce una anomalía a2 o un defecto d2.
SES:	Se observa un SES en el extremo cercano cuando, durante un segundo, se producen al menos "Y" EB, debidos a la anomalía a1 o al defecto d1 Se observa un SES en el extremo distante cuando, durante un segundo, se producen al menos "Y" EB, debidos a la anomalía a2 o al defecto d2
BBE:	Se observa un BBE en el extremo cercano cuando se produce una anomalía a1 en un bloque en un instante que no está comprendido en un SES. Se observa un BBE en el extremo distante cuando se produce una anomalía a2 en un bloque en un instante que no está comprendido en un SES.
Nota: El valor de Y se obtiene multiplicando el numero de bloques por % de SES.	

Fuente: Recomendación T-REC-G.829-200212-I!!!PDF-S

En este sentido, el tiempo de disponibilidad e indisponibilidad en la transmisión de la trama STM-N, a lo largo del canal de transmisión, se observa en la siguiente, Figura D.53:

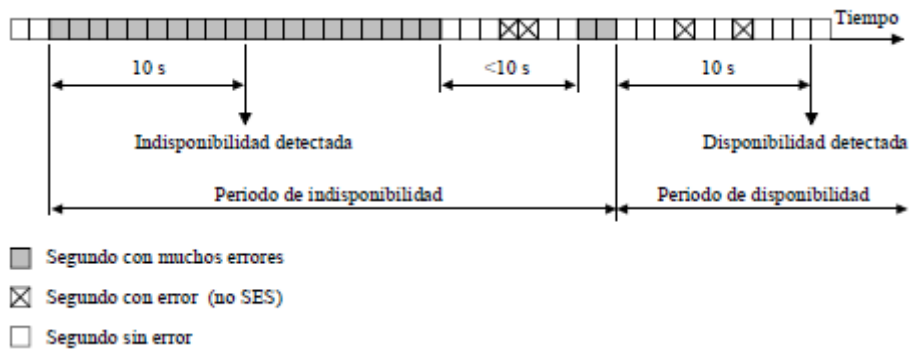


Figura D.167. Tiempo de disponibilidad de un servicio.

Fuente: Recomendación T-REC-G.826-200212-I

Finalmente, para tener una mejor comprensión se ha señalado un diagrama con el funcionamiento de cada uno de los eventos en las diferentes taras de SOH de SDH.

Además se detallan los eventos junto con su significado, criterios de detección y el tipo de defecto anomalía o indicación a la que pertenecen, como se observa en la siguiente Tabla D.11:

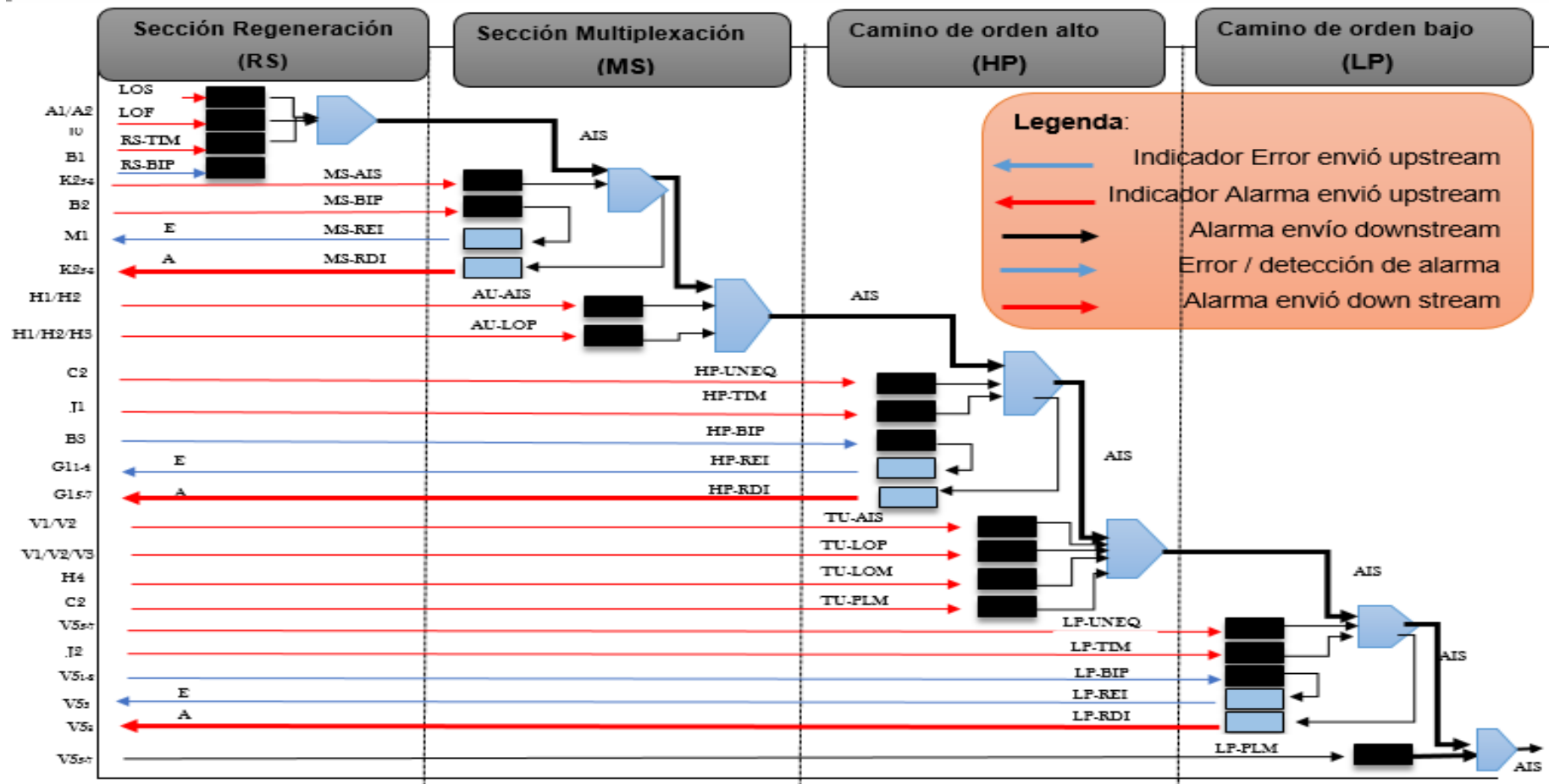


Figura D.168. Resumen de eventos SDH.
Fuente: Recomendación T-REC-G.826-200212-I.

Tabla D.80. Resumen de eventos SDH.

SDH Eventos	Significado	Tipo	Localización Byte OH	Criterios de detección
LOS Loss of signal	Perdida de señal	Defecto		Limite BER
TSE Test sequence	Secuencia de prueba	Anomalía		
LSS Loss of sequence synchronization	Perdida de la sincronización de la frecuencia	Anomalía		
AIS Alarm indication signal	Señal de Indicación de Alarma	Defecto		
REGENERATOR SECTION (RSOH) / SECCIÓN DE REGENERACIÓN				
OOF Out of frame	Fuera de trama	Anomalía	A1, A2	A1 ,A2 con errores $\geq 625 \mu s$
LOF Loss of frame	Perdida de trama	Defecto	A1, A2	Si OOF $\geq 3ms$
B1 (8 bits) Regenerator section error monitoring B1	Monitoreo de error de sección de regeneración	Anomalía	B1	Contiene todos los bits de trama antes de codificar
RS-TIM RS trace identifier mismatch	Identificador de traza RS	Defecto	J0	Detección en línea
MULTIPLEX SECTION (MSOH) / SECCION DE MULTIPLEXACIÓN				
B2(24 bits) Section bit error monitor B2	Monitoreo de error bit de sección	Anomalía	B2	Todos los bits de trama excluido RSOH antes de codificar

MS-REI Mux section remote error indication	Sección Mux indicación de error remoto	Indicación	M1	Bits 1-8 contienen número de anomalías detectadas B2
MS-AIS Multiplex section AIS	Sección múltiplex AIS	Alarma	K2	TX: todos los bits de trama excepto RSOH = 1 RX: K2-bits 6,7,8 = 111
MS-RDI antes MS-FERF Mux section remote defect indication	Indicación de defecto remoto MS	Indicación	K2	Bits 6,7,8 =110

ADMINISTRATIVE UNIT (AU) / UNIDAD ADMINISTRATIVA

AU-LOP Loss of AU pointer AU-3orAU-4	Perdida de puntero AU-3, AU-4	Defecto	H1, H2	8...10 veces activado NDF o 8...10 punteros inválidos
AU-AIS Administrative Unit AIS	Indicación de señal de alarma AU	Alarma	AU incluido H1, H2, H3	TX: todos los bits de AU, ¼=1 RX: H1, H2=1
AU-PJE Pointer Justification Event	Evento de justificación de puntero	Evento Puntero	H1, H2	Incremento y decremento del puntero

TRIBUTARY UNIT (TU) / UNIDAD TRIBUTARIA

TU-LOP Loss of TU pointer	Perdida de puntero TU	Defecto	V1, V2	8...10 veces activado NDF o 8...10 punteros inválidos
TU-AIS Tributary Unit AIS	Indicación de señal de alarma TU	Alarma	TU incluido V1 A V4	TX: todos los bits de TU=1, RX: V1, V2=1
TU-DEC Decrement TU	Decremento TU	Evento puntero		V1, V2
TU-LOM Loss of multiframe TU	Perdida de multitrama TU	Evento de puntero	H4	Bits 7,8 no = 00, 01, 10, 11 secuencia

HIGH ORDER PATH (HO-PATH) / CAMINO DE ALTO ORDEN

B3 (8bits) HO path error monitoring	monitoreo de errores HO-POH Bit error detectado por BIP-24 de verificación	Anomalía	B3	Todos los bits VC-3/4 incluido POH
HP-REI HO remote error indication	Indicación de error remoto HO-POH. / Número de errores detectados usando B3	Indicación	G1 ₍₁₋₄₎ =xxx	Bits 1,2,3,4 contiene números de detección de anomalías
HP-RDI HO remote defect indication	Indicación de defecto remoto HO- POH. / Carga útil defecto PLM	Indicación	G1 ₍₅₋₇₎ =010	Camino HO indicación de defecto remoto (VC3 / 4)
HP-RDI Server defect. AIS or loss of pointer (LOP)	Defecto del servidor. AIS o pérdida de puntero (LOP)	Indicación	G1 ₍₅₋₇₎ =101	Camino HO mejorado RDI Defecto servidor
HP-RDI / Defecto de conectividad. TIM o UNEQ Connectivity defect. TIM or UNEQ	Defecto de conectividad. TIM o UNEQ	Defecto	G1 ₍₅₋₇₎ =110	Camino HO mejorada RDI Defecto Conectividad
HP-UNEQ HO path unequipped	Camino sin equipo HO-POH	Defecto	C2 ₍₁₋₈₎ =0	=00
HP-PLM HO path payload label mismatch	trayectoria de la etiqueta de carga útil desfase	Defecto	C2(1-8)=x	combinación de bits debido a la estructura de mapeo correspondiente
HP-TIM HO path trace identifier mismatch	Desajuste identificador de traza en el camino	Defecto	J1	Detección de secuencia fuera de línea

LOW ORDER PATH (LO-POH) / CAMINO DE BAJO ORDEN

BIP-2 BIP-2 errors / block errors	Bit error detectado por BIP-24 de verificación	Anomalía	V5	VC 11,12,2: V5-bits7,6 Contiene todos los bits VC incluido POH
---	---	----------	----	---

B3	Bit error detectado por BIP-8 de verificación	Anomalía	B3	Monitoreo VC-3
LP-REI LO path remote error indication	Uno o más errores detectados por BIP-2 en V5	Indicación	G1 / V5	VC 3: G1-Bits 1,2,3,4 = Número de detección de B3 errors VC 11, 12,2: V5-bit3=1 si BIP2 >= 1 error por trama
LP-RDI Remote defect indication lower-order path	Camino de orden inferior indicación de defecto remoto	Indicación	G1 / V5	VC3: G1-bits 5,6,7 = 100 VC 11, 12,2: V5-bit8 = 1
LP-RDI-EP LO path Enhanced RDI Payload Defect	Camino mejorado LO defecto carga útil RDI	Indicación	G1 / V5 / K4	VC3: G1-brts 5,6,7 = 010 VC 11, 12,2: V5-brt8 = 0 K4-bits 5,6,7 = 010
LP-RDI-ES LO path Enhanced RDI Server Defect	Camino mejorado LO defecto servidor RDI	Indicación	G1 / V5 / K4	VC3: G1-bits 5,6,7 =101 VC 11,12,2: V5-bit8=1 K4-bits 5,6,7 = 101
LP-RDI-EC LO path Enhanced RDI Connectivity Defect	Camino mejorado LO defecto conectividad RDI	Indicación	G1 / V5 / K4	VC3: G1-bits 5,6,7 =110 VC 11, 12,2: V5-bit8=1 K4-bits 5,6,7 = 110
LP-RFI LO path remote failure indication	Camino de orden inferior indicación de defecto remoto	Indicación	V5	Bit 4=1
LP-TIM LO path trace identifier mismatch	Desajuste identificador de traza en la trayectoria	Defecto	J2	Detección de secuencia fuera de línea
LP-PLM LO path payload label mismatch	Etiqueta de carga útil desajuste	Defecto	C2 / V5 ₍₅₋₇₎ =X	Combinación de bit correspondiente a la estructura de mapeo
LP-UNEQ LO path unequipped VC indication		Defecto	C2 / V5 ₍₃₎ =0	VC3 : C2 = 00 VC1 1,12,2 : V5-bits 5,6,7 = 0

Fuente: Recomendación ITU-T: G-707, G-826, G-829.

7. ANEXO E.

Sincronización de red SDH.

Durante el proceso de transmisión, el flujo de bits enviados en forma continua, a través de un canal de comunicación, experimentan una serie de fenómenos que degradan la señal, provocando cambios en su forma en comparación con la señal transmitida inicialmente. Fenómenos como la atenuación y dispersión, originados principalmente por los medios de transmisión, no son los únicos que la deforman.

Las diferencias de fase de una señal transmitida en un canal de comunicación, afectan no solo a la señal sino al proceso de sincronización de la red. Una consideración importante es que en el momento de las variaciones de fase que experimentan las señales, Figura E.55, se dan en diferentes velocidades, clasificadas como:

- **Jitter:** Se da a mayor velocidad.
- **Wander:** Se da a menor velocidad.

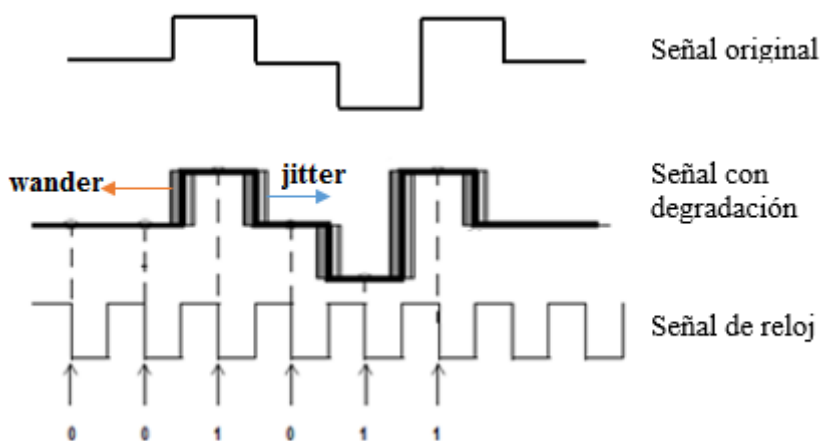


Figura E.169. Efectos de Degradación.

Fuente: Roger L. Freeman. (2005). Fundamentos de Telecomunicación. Segunda Edición.

Con el objetivo de evitar los efectos descritos anteriormente y disminuir los deslizamientos de las señales, causantes de una mala sincronización.

7.1. E.5.1. Clasificación de la Red de Sincronización SDH.

La red de sincronización se determinan a partir de dos metodos de sincronización especificos:

- Sincronizacion Principal subordinado
- Sincronización Mutua.

7.1.1. E.5.1.1. Sincronización Principal-Subordinado.

En este caso la red sincronizacion SDH se maneja a partir de un reloj “maestro”, que sirve como referencia de temporización para los diferentes NE que conforman la red de transmisión, como se observa en la Figura E.56:

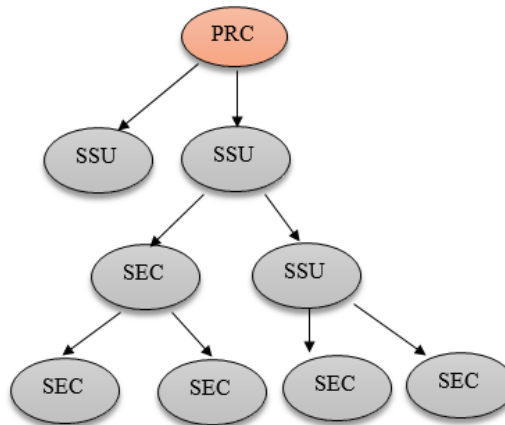


Figura E.170. Distribución internodal en la arquitectura de la red de sincronización.

Fuente: Recomendación UIT-T G.803 (03/2000).

Deacuerdo con la Figura; los relojes de sincronización se clasifican de la siguiente manera:

- Reloj de Referencia Primario. (PRC⁶⁷).
- Unidad de Suministro de Sincronización. (SSU⁶⁸).
- Reloj de Elemento de Red SDH. (SEC⁶⁹).

⁶⁷ Primary Reference Clock. Según Recomendación UIT-T G.811

⁶⁸ Synchronization System Unit. Según Recomendación UIT-T G.812

⁶⁹ Synchronous Equipment. Según Recomendación UIT-T G.813

Antes de definir las principales funciones de los relojes de sincronización, es necesario determinar que los relojes de sincronización se distribuyen en forma jerárquica, donde el reloj superior se considera como referencia para los demás relojes, mientras que los relojes inferiores, sean estos SSU o SEC son considerados como relojes subordinados, es decir que toman la señal de sincronización del reloj principal o superior con la mayor prioridad, como se indica en la Tabla.

7.1.1.1. E.5.1.1.1. Reloj de Referencia Primario (PRC).

Los relojes PRC, son los considerados de mayor precisión, es por eso que se encarga de distribuir la señal de sincronización a los demás NE de forma autónoma, establecidos en la Figura.

7.1.1.2. E.5.1.1.2. Unidad de Suministro de Sincronización (SSU).

Cuando la red de sincronización este formada por más de 60 nodos, sobrepasa el límite establecido por la Recomendación UIT-T G.803. Es necesario utilizar el reloj SSU, que se sincroniza con el PRC y distribuye la señal de sincronización a los demás NE subordinados. En el caso de existir múltiples relojes de sincronización, tiene la capacidad de seleccionar una de varios relojes de referencia y distribuirlos a los nodos locales, como se observa en la Figura E.57:

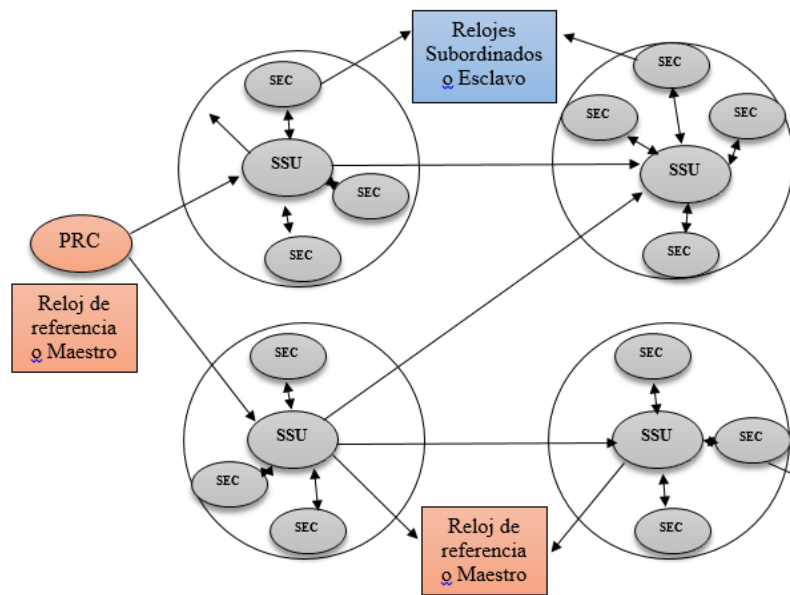


Figura E.171. Arquitectura de Sincronización de Red.

Fuente: Recomendación UIT-T G.812 (03/2000).

7.1.1.3. E.5.1.1.3. Reloj de Elemento de Red SDH (SEC).

Como se indica en la Figura E.57, el reloj SEC se encuentra en la última parte de la red de sincronización, toma como referencia el valor del reloj de referencia SSU.

Para terminar, se determina como los relojes de sincronización se distribuyen dentro del segmento de capas de SDH, Figura E.58.

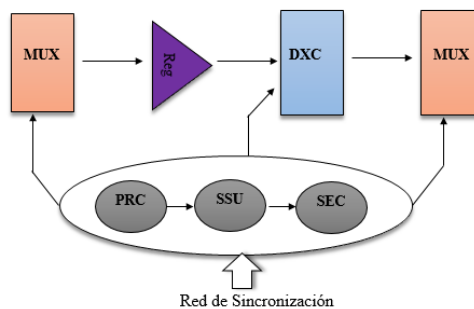


Figura E.172. Red de Sincronización.

Fuente: Recomendación UIT-T G.803 (03/2000).

7.1.1.4. E.5.1.1.4. Sincronización Mutua.

Este método de sincronización radica en establecer señales de sincronización entre los NE, en caso de no existir un reloj de sincronización de referencia. Cuando se pierde la sincronización en un lado, el siguiente nodo almacena la sincronización en un buffer de memoria hasta que el reloj tomado como de referencia se restablezca, como se indica en la Figura E.59.

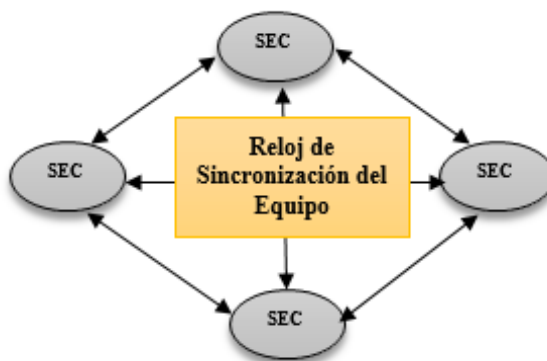


Figura E.173. Reloj de Sincronización del NE.

Fuente: Recomendación UIT-T G.803 (03/2000).

El reloj de sincronización SEC tiene la capacidad, de integrarse con un reloj de referencia SSU si es el caso, en caso de no existir dicha señal, se realiza todas las consideraciones descritas anteriormente.

7.2. E.5.2. Mecanismo de Mensajes de Estado de Sincronización (SSM).

Este mecanismo permite al equipo receptor estar al tanto sobre la calidad de la señal que ha recibido, lo que le permite prevenir los bucles de sincronización. El byte S1 que se encuentra en la MSOH, es el responsable de enviar mensajes sobre el estado de la sincronización a los NE de sincronismo, como se indica en la Tabla E.12:

Tabla E.81. Funciones de los bits del bytes S1, MSOH.

S1 bit 5-8	Descripción del mensaje
0010	Referencia Primaria de Reloj (PRC), Reloj de calidad 1. Recomendación: UIT-T G.811
0100	Unidad de Suministro de Sincronización de Transito (SSU-T). Reloj Calidad 2. Recomendación UIT-T G.812

1000	Unidad de Suministro de Sincronización de Transito (SSU-T). Reloj Calidad 3. Recomendación UIT-T G.812
1011	Reloj de Equipo SDH (SEC). Reloj de Calidad 4. Recomendación UIT-T G-813
1111	No usar para sincronización (DUS <i>Dont use for synchronization</i>)

Fuente: Recomendación T-REC-G.707-200312-S

Las funciones que los bits del byte S1 realizan, ayudan a que cada uno de los nodos que conforman la red de sincronización sean capaces de discriminar cual señal de sincronización es la que esta funcionando de manera correcta.

Tabla E.82. Tipos de reloj definidos por SDH para una red de sincronización.

Prioridad	Tipo de Aplicación en SDH	Precisión requerida	Número de Recomendación UIT-T	Tipo de Reloj
1	PRC	± 1 parte en 10^{11}	G.811	Reloj atómico de cesio
2	SSU	± 1 parte en 10^8	G.812	Reloj atómico de rubidio o reloj GPS
3	SEC	± 4.6 ppm	G.813	Reloj oscilador de Cristal

Fuente: Recomendación UIT-T G.803 (03/2000).

Una de las consideraciones importantes al momento de establecer la sincronización en la red SDH, es que el SSM es el mecanismo encargado de evitar bucles y restaurar la red de sincronización de forma automatica en caso de un fallo. Mediante el envío de alarmas en caso de ser necesario, como se indica en la Tabla E.13.

7.3. E.5.3. Modos de Operación.

7.3.1. E.5.3.1. Modo Enganchado (Locked).

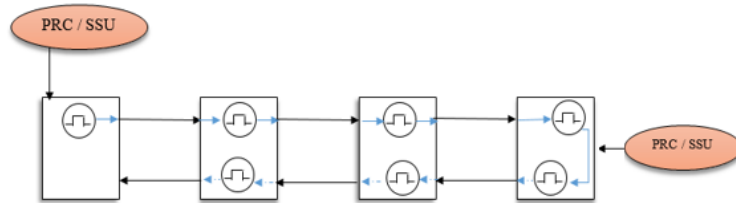
En este caso el reloj subordinado toma como referencia a la señal de sincronización de entrada externa, y la distribuye a los demás NE.

7.3.2. E.5.3.2. Modo Regimen Libre o Sostenido (Holdover).

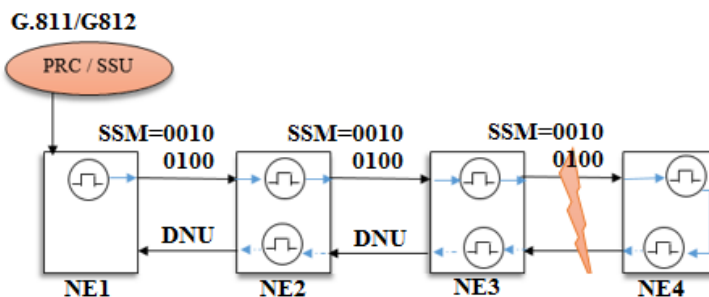
Este modo se presenta cuando, el reloj subordinado se convierte en reloj de referencia, debido a que por un error en la red de sincronización no identifica el reloj de referencia. Pero si almacena el tipo de reloj de referencia anterior y lo envía a los demás NE.

7.3.3. E.5.3.3. Modo Funcionamiento Libre. (Free Runing).

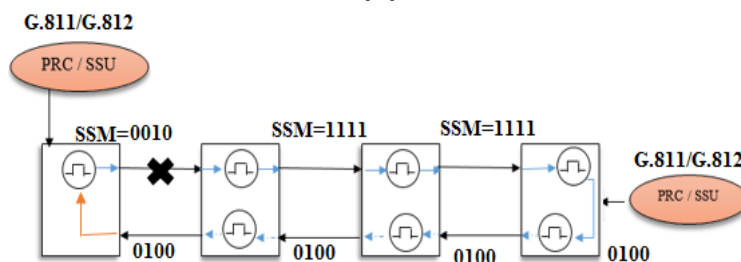
Como se observa en la Figura E.60, en este modo la red no se sincroniza a partir de un reloj de referencia, sino que actua en el modo de sincronización mutua, en el que todos los NE de red utilizan su propio reloj y el NE considerado como principal, se tomara como reloj de referencia.



(a)



(b)



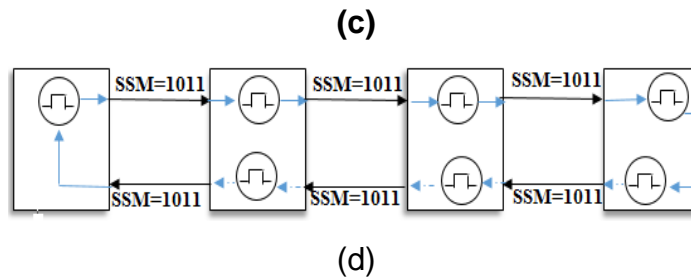


Figura E.174. Modo de funcionamiento SSM.
Fuente: Fuente Recomendación UIT-T G.803 (03/2000).

8. ANEXO F. Disponibilidad de servicio.

El enfoque actual de las empresas gubernamentales se ha dirigido hacia el desarrollo de servicios que sean lo suficientemente fiables⁷⁰ para que los clientes y personal autorizado puedan acceder en forma constante y sin interrupciones. Estas acciones se concentran en mantener el sistema en funcionamiento las 24 horas al día, 7 días de la semana, los 365 días del año, libre de errores y sin tiempos de desconexión.

Los posibles eventos que disminuyen considerablemente la disponibilidad en un sistema de transmisión, pueden producirse por alguna de las causas descritas a continuación:

- **Mantenimiento:** ocasionados por interrupciones que se dan de manera controlada, para actualizar algún servicio, o las que se originan durante el mantenimiento de la red.
- **Equipamiento:** pueden producirse errores en los diferentes componentes del dispositivo de transmisión, en el transcurso de vida útil.
- **Medio de transmisión:** los principales problemas son producidos por cortes en los cables de fibra óptica, que pueden ser causados por el personal de la entidad gubernamental o por agentes externos que realizan trabajos de mantenimiento donde se encuentre los enlaces que formen el anillo de la red.
- **Desastres:** que se pueden ocasionar por fenómenos naturales o accidentes de tránsito.

⁷⁰ Probabilidad de que el servicio se desarrolle en forma correcta a lo largo del tiempo de actividad

- **Fallos de alimentación:** por cortes eléctricos, o subidas de corriente en las tarjetas de transmisión del dispositivo.

Un aumento en la confiabilidad de la red de transmisión, permite tener un alto índice de disponibilidad⁷¹ de servicio hacia los usuarios. Valor que se relaciona con el número de veces que la red tenga. En la Tabla F.14, se describen los valores más significativos.

Tabla F.83. Disponibilidad de Servicio.

Disponibilidad %	Tiempo total de caída (Downtime) (HH:MM:SS)		
	Por día	Por mes	Por año
99 %	00:14:23	07:18:17	87:39:29
99.9%	00:01:26	00:43:49	08:45:56
99.99 %	00:00:08	00:04:22	00:52:35
99.999%	00:00:00.4	00:00:26	00:05:15

Fuente: La fiabilidad en los sistemas de telecomunicaciones. Antonio Moya Catena. Ericsson España. Fuente 2: Sistemas de comunicaciones electrónicas Escrito por Wayne Tomasi. Cuarta Edición. 2004. PEARSON EDUCACION MEXICO.

La tecnología SDH posee una serie de mecanismos que proveen el 99.999 % de disponibilidad a un servicio. En base a la Figura E.61, se toma en consideración:

- **MTTF⁷²:** definido como la cantidad de tiempo que dura el primer fallo.
- **MTTR⁷³:** tiempo necesario para realizar la reparación y restauración del dispositivo para entrar en servicio,
- **MTBF⁷⁴:** tiempo de trabajo que un dispositivo funciona antes del primer fallo.

⁷¹ Tiempo de recuperación requerido para una solucionar una falla.

⁷² Mean Time to Fail: Tiempo medio de falla

⁷³ Mean time to Repair: Tiempo medio de recuperación

⁷⁴ Mean Time Between Fail: Tiempo medio entre fallas

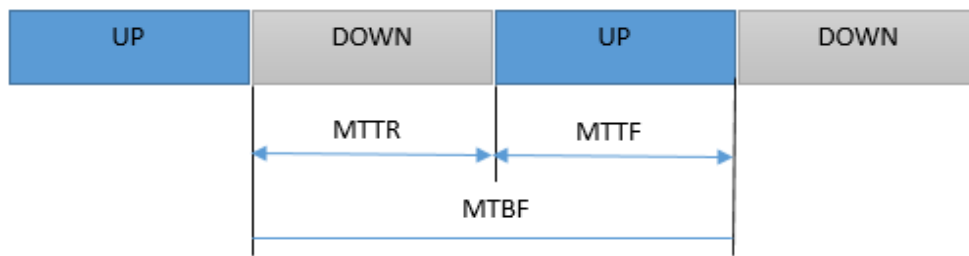


Figura F.175. Grado de Disponibilidad.

Fuente: Network Recovery: Protection and Restoration of Optical, SONET-SDH, IP, and MPLS. Jean-Philippe Vasseur, Mario Pickavet, Piet Demeester. (2004). USA. Imprint of Elsevier

Obteniendo la siguiente Formula:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF (h/año) - MTTR (h/año)}{MTBF (h/año)} \times 100\%$$

Ecuación 1

Fuente: Ingeniería de Confiabilidad. Escrito por Jorge Acuña Acuña. Editorial Tecnológica de Costa Rica. (2004) pág. 278

Dentro del proceso de cálculo, existen diversas opciones que ayudan a disminuir el tiempo de no disponibilidad en una red extremo a extremo. Desde la disminución del MTTR, hasta el aumento del MTBF del dispositivo.

A continuación se describen los valores característicos de los dispositivos IP y SDH, respectivamente, Tabla.E.15:

Tabla F.84. Valores de disponibilidad.

Dispositivo	MTBF (horas)	MTTR (horas)	Disponibilidad del dispositivo	Disponibilidad como 'nueves'
IP switch	30.10 ³	2-4	0.99986 %	3 nueves
IP router	200.10 ³	2-4	0.99998 %	4 nueves
SDH ADM/DXC	1.10 ⁶	2-4	0.999998 %	5 nueves

Fuente 1: Fuente: Protection and Restoration of Optical, SONET-SDH. IP, AND MPLS, Philipie, J & Pickavet Morgan Kaufman. 2004

Para entender de mejor manera esta definición, se reemplazaron valores en la ecuación de disponibilidad, tanto para un dispositivo IP como SDH.

- Disponibilidad switch IP:

$$Disponibilidad = \frac{30.10^3 - 4}{30.10^3} = 0.99986$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.99986 \times 100\% = 99.986 \text{ (3 nueves)}$$

- Disponibilidad router IP:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{200.10^3 - 4}{200.10^3} = 0.99998 \text{ (h)}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.99986 \times 100\% = 99.998 \text{ (4 nueves)}$$

- Disponibilidad ADM/DXC SDH:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{1.10^6 - 4}{1.10^6} = 0.999996 \text{ (h)}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.999996 \times 100\% = 99.999 \text{ (5 nueves)}$$

9. ANEXO G.

Encapsulación.

9.1. Proceso de Encapsulación de servicios.

En la actualidad los mecanismos necesarios para establecer una comunicación, sin importar el tipo de red que se desee transmitir, se basan en el modelo de referencia TCP/IP⁷⁵. Compuesta por una suite de protocolos, divididos en forma jerárquica⁷⁶, que permiten realizar el intercambio de información a través de una capa emisora y una receptora, basada en el modo Cliente/servidor:

⁷⁵ Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet

⁷⁶ Jerárquica: capas distribuidas de arriba hacia abajo.

- **Modo Cliente/servidor:** en este proceso el intercambio de información se realiza entre capas superiores (**modo cliente**), encargadas de solicitar un determinado servicio a la capa inferior (**modo servidor**), o a través de protocolos de transporte entre capas iguales ubicadas en extremos diferentes, como se observa en la Figura.E.62.

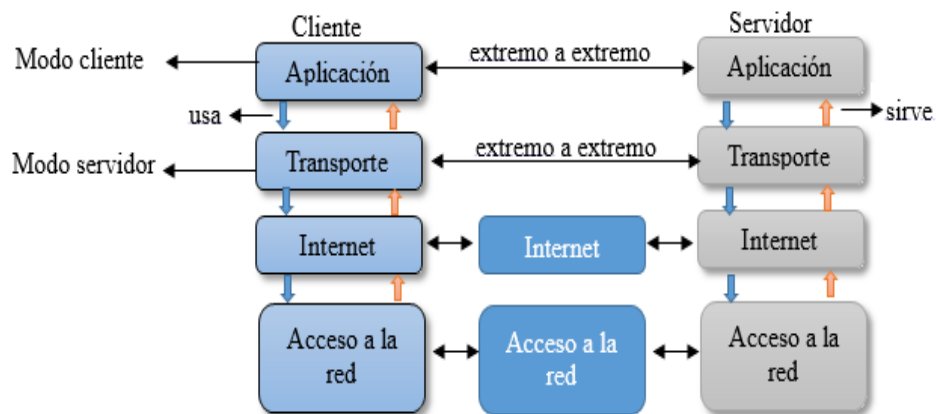


Figura G.176. Modo cliente/servidor.

Fuente: Administración de Sistemas Informáticos. Blanco, A & Huidobro, J.M. (2008) 2da Edición. Thomson Paraninfo.

9.2. G.7.1. Encapsulación.

Para cumplir con este propósito los datos generados por el usuario, se envían en forma descendente a través del stack de protocolos, en donde cada una de las capas añade información de control adicional (cabeceras) a los datos de aplicación antes que el paquete se envíe a la capa inferior, conocido como el proceso de encapsulación.

Los datos encapsulados en cada uno de los protocolos se denominan PDU⁷⁷, que en base a la ubicación dentro del stack de protocolos, toman nombres diferentes, como se indica en la Figura E.63:

⁷⁷ Unidad de Datos de Protocolo.

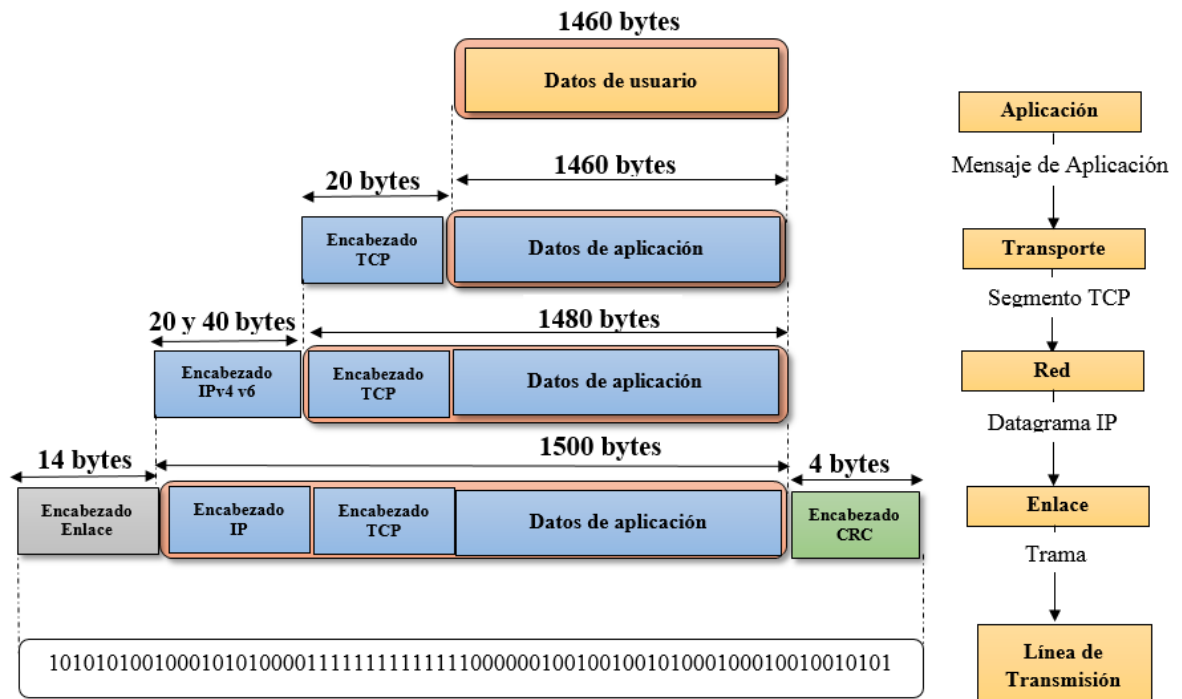


Figura G.177. Encapsulación de datos en el modelo TCP/IP.
Fuente: PRACTICAL PACKET ANALYSIS. (2007). Sanders, C. Segunda Edición.

Este proceso se inicia a partir del paquete de datos creado por el usuario a partir de un determinado servicio de la capa **Aplicación**, responsable que el paquete de datos pueda ser reconocido por las capas inferiores, creando un formato común. Los datos encapsulados en esta capa se conocen con la PDU de mensaje, para protocolos orientados a conexión y flujo en los no orientados a conexión.

A partir de este proceso, la capa de **Transporte**, es la responsable de que las múltiples aplicaciones, puedan ser transmitidas a través de un mismo canal de comunicación, además de asegurar la transferencia segura de los datos, cuando los recibe de capas inferiores. En este sentido se han dividido en dos protocolos fundamentales:

TCP: protocolo orientado a conexión, que brinda la posibilidad de entregar servicios de transporte de datos en forma fiable y en su mayoría libre de errores. Estas características son consideradas debido a que la capa IP, no garantiza un servicio fiable, donde pueden ocurrir, errores, paquetes en desorden, o duplicación de los paquetes de datos durante la transmisión.

En base a la RFC 793, está formado por 20 bytes de encabezado que forman el segmento TCP.

UDP: Protocolo utilizado principalmente en aplicaciones multimedia donde no es indispensable que todos los datos lleguen hacia al receptor, priorizando la velocidad de transmisión de los datos. En base a la RFC 768, está formado por 8 bytes de encabezado que forman el datagrama UDP.

El proceso de encapsulación indicado en la Figura E.64, es similar al proceso del protocolo TCP, que se encapsula sobre el protocolo IP para ser transmitido a través de la red.

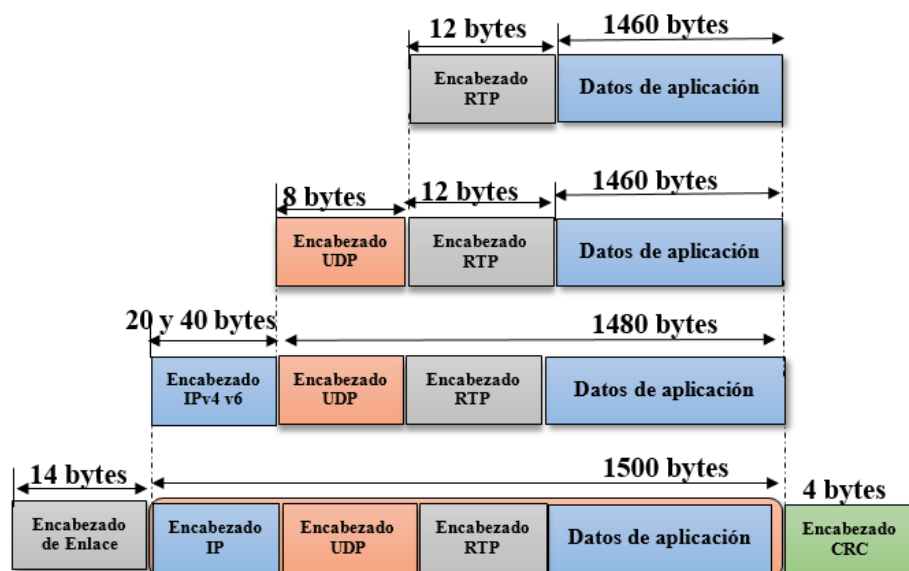


Figura G.178. Encapsulación de datos en el modelo UDP y RTP.

Fuente: PRACTICAL PACKET ANALYSIS. (2007). Sanders, C. Segunda Edición.

RTP⁷⁸.

Este mecanismo en especial ayuda a que la capa transporte pueda enviar varias señales de video y audio en tiempo real a través de los paquetes UDP a uno o múltiples equipos. En base a la RFC 1889, está formado por 12 bytes de encabezado que forman el datagrama RTP.

⁷⁸ Protocolo de transporte en Tiempo Real

CRTP⁷⁹.

Este protocolo se activa conjuntamente con RTP y se encarga de proporcionar funciones de control y supervisión durante el proceso de transmisión del flujo de datos. Es utilizado de en redes de area amplia, donde se maneja gran cantidad de datos.

Como se indica en la Figura G.65, se puede disminuir su capacidad de 2 a 4 bytes de cabecera:

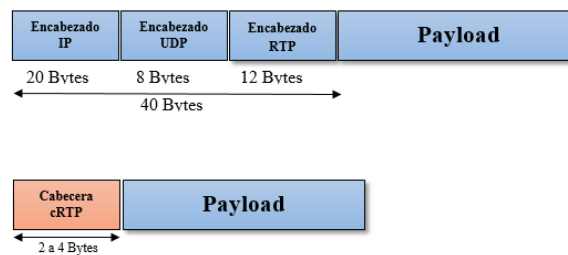


Figura G.179. Compresión RTP.

Figura: CCIE Voice v3.0 Quick Reference. (2012). Lewis, M.

En la **capa de red** transfiere los datos a través de la red, en forma de datagramas IP, utilizando las direcciones lógicas de origen y destino. La capa de red se basa en la técnica de mejor esfuerzo, donde no garantiza confiabilidad, control de flujo o recuperación de errores, funciones dadas por capas de orden superior.

La versión IPv4, según el RFC 791 se compone de 20 bytes de cabecera, formando el datagrama IP junto con la carga útil.

IPv6

En la actualidad, el agotamiento y el mal uso del direccionamiento IPv4, por los grandes espacios dejados sin utilizar, han obligado a la utilización del protocolo IPv6, con una asignación en el espacio de direcciones de 128 bits, según RFC 2460. A diferencia de IPv4, se utilizan 40 bytes de cabecera.

⁷⁹ Compresión Protocolo de Tiempo Real.

En la capa de **acceso a la red**, el paquete de datos se encapsula dentro de una **Trama**, compuesta por direcciones de red físicas de origen y destino, transmitidos en una secuencia de bits por el medio físico. Cuando los datos llegan al extremo receptor, cada capa extrae las cabeceras, las analiza y suben a la capa superior, para la entrega del mensaje al equipo destino.

Capa de Red.

El paquete de datos o datagramas IP, son encapsulados en la capa acceso de red o de enlace para formar la trama, donde se agregan encabezados con información de control referentes a las direcciones de red físicas, seguido de un campo de verificación conocido como CRC⁸⁰.

Como consideración importante el formato de la trama depende siempre del tipo de red donde se transmita la información, que puede estar dentro de una o varias redes locales. Tomando en cuenta estas consideraciones, se describen las principales tramas:

Trama **Ethernet 802.3**, compuesta por los siguientes campos, Figura G.66:

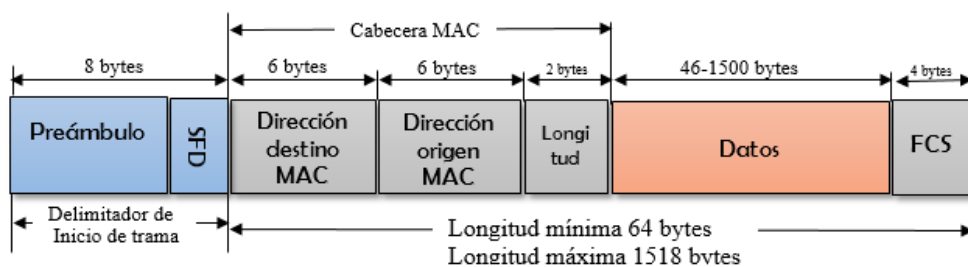


Figura G.180. Trama Ethernet.

Fuente: Miller, M.P. (Vol 1) (2009). TCP/IP The Ultimate Protocol Guide. USA.

⁸⁰ Código de Redundancia Física

Tabla G.85. Especificaciones de formato de trama Ethernet.

Formato	Descripción
Preámbulo y Delimitador de inicio de trama (7-1 byte)	Permite sincronizar las tramas entre el equipo emisor y receptor. La trama Ethernet no considera este campo para su cabecera.
Dirección de Destino y Origen MAC (6-6 bytes)	Contiene las direcciones de red físicas de origen y destino de los hosts dentro de una red Ethernet.
Longitud (2 bytes)	Indica el tipo de trama Ethernet que se va a utilizar. 08000 es IP, 0806 es ARP ⁸¹ , 8100 son VLAN
Datos (46-1500)	Contiene la información de datos de capas superiores.
Secuencia de verificación de trama (4 bytes)	Se utiliza para detectar errores en la trama, cuando se realiza la transmisión.

Una de las funciones importantes dentro de la trama Ethernet, es la capacidad de asignar QoS⁸², a través del estándar 802.1Q o VLAN tagging⁸³. Permitiendo crear redes lógicamente independientes en la misma red local, Figura G.67 (a).

Adicionalmente, se puede añadir una cabecera adicional, con el objetivo de ampliar las VLANs, para servicios adicionales, Figura G.67 (b).

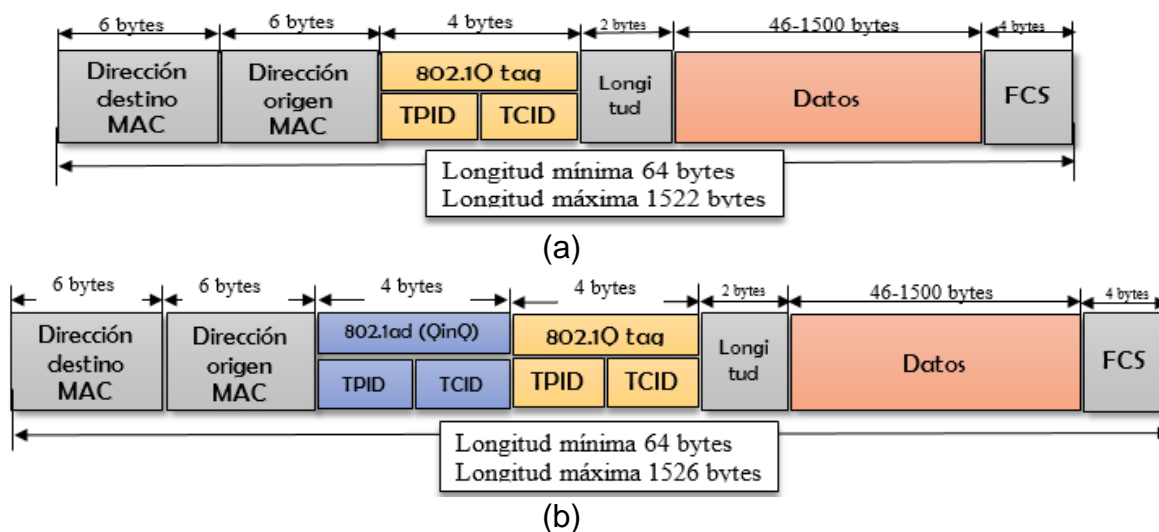


Figura G.181. Trama Ethernet con etiquetas 802.1 Q y 802.1 QinQ.

Fuente: Banzal.S. (2nd Ed) (2005). Protocolos de Red.

En la siguiente Tabla G.17, se describen sus principales características:

⁸¹ Protocolo de Resolución de direcciones

⁸² Calidad de Servicio

⁸³ Etiqueta de VLAN

Tabla G.86. Características de VLANs QinQ.

Formato	Descripción
TPID: Tag Protocol identifier (16 bits) (Etiqueta Identificador de Protocolo)	Indica que la trama contiene datos 802.1q (X8100)
TCI: Tag Control Identifier (16 bits) (Identificador de Control de Etiqueta):	<p>Se compone de un campo de 16 bits, divididos en tres campos individuales:</p> <p>PCP: Prioridad de Punto de Código (3 bits): campo que identifica la prioridad de la trama, con valores de 0 a 7, siendo el 1 la prioridad más baja.</p> <p>CFI: Identificador de Forma Canónica (1 bit): este valor se utiliza en caso de existir congestión.</p> <p>VID: Identificador de VLAN (12 bits): identifica al tipo de VLAN a la que pertenece la trama.</p>

Finalmente, al establecer las diferentes tramas con la que la capa de enlace realiza su transmisión, el valor de las cabeceras presentes en el proceso de encapsulación, es el siguiente, Tabla E.18:

Tabla G.87. Resumen de cabeceras.

CABECERAS	Bytes
Cabecera de capa Transporte:	
TCP	20
UDP	8
RTP	12
Cabecera capa IP:	
IPv4	20
IPv6	40
Cabecera de capa Enlace:	
Ethernet	18
802.1Q	22
802.1QinQ	26

Fuente: Propia.

Finalmente, una de las consideraciones mas importantes en la transmisión del paquete de datos dentro de la red, es el MSS⁸⁴, como se observa en la Figura G.68:

⁸⁴ Tamaño Máximo de Segmento.

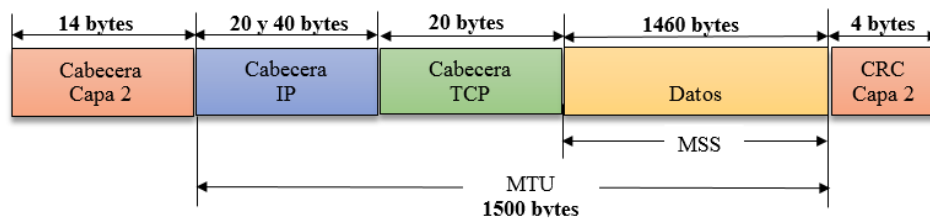


Figura G.182. Formato de MSS y MTU.

Fuente: <https://tools.ietf.org/html/rfc6691>

Que se establece con el objetivo de evitar que se produzca una fragmentación en el paquete de datos dentro de las capas TCP e IP, además de no sobrepasar el valor máximo permitido del MTU⁸⁵, de la capa de enlace donde se realiza la transmisión.

$$MSS = MTU - \text{cabecera TCP} - \text{cabecera IP} \text{ Ecuación 1}$$

Fuente: <https://tools.ietf.org/html/rfc6691>

En base a la Ecuación, se pueden determinar el valor de MTU de 1500 bytes, para las tramas Ethernet.

⁸⁵ Unidad de Transmisión Máxima.

10. ANEXO H.

Consideraciones de los sistemas de video vigilancia.

10.1. H.8.1. Avances del sistema de video vigilancia.

En la actualidad la diferencia principal entre los sistemas de video vigilancia analógicos, conocido como CCTV⁸⁶ y el sistema de video vigilancia IP, es sin duda la forma en la que se transmiten los datos a través de la red, así como el medio de transmisión responsable de este proceso, como se observa en la Figura E.69:

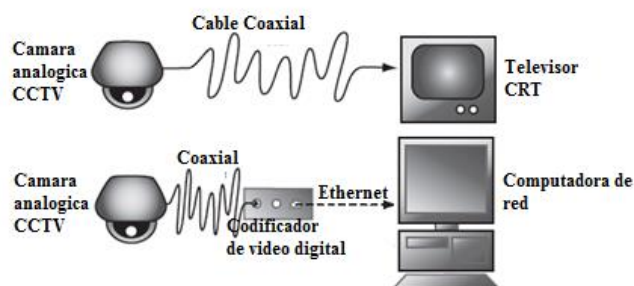


Figura H.183. Sistema analógico.

Fuente: Caputo, A. (2010). Seguridad y Video Vigilancia digital. USA: Elsevier.

En principio el funcionamiento del CCTV, se basa en la utilización de cámaras análogas, que envían la información hacia un televisor CRT⁸⁷, por medio de un cable coaxial, para su posterior grabación en un VCR⁸⁸. Para un mejor manejo en la secuencia de video procedente de múltiples cámaras enviadas hacia el televisor CRT, se utilizan los multiplexores de video “Quad/Multiplexer”, que permiten digitalizar las imágenes y mostrarlas en un solo televisor, como se indica en la Figura H.70:

⁸⁶ Circuito Cerrado de Televisión.

⁸⁷ Tubo de rayos catódicos.

⁸⁸ Video Cassette Recorder: Grabadora de cinta de video.

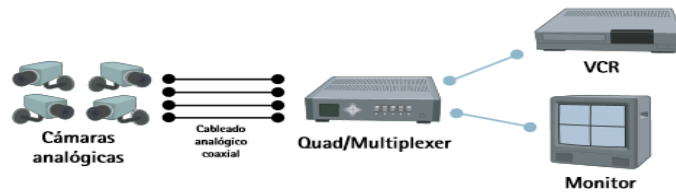


Figura H.184. Sistema de videovigilancia tradicional.

Fuente: Libro Blanco. (s.f). El acceso fácil al video en red. **Recuperado de:**
http://www.axis.com/es/products/video/about_networkvideo/evolution.htm#nwcameras.

Debido a las múltiples limitaciones, por el excesivo espacio de almacenamiento del video en el VCR, se optó por utilizar un sistema de grabación digital DVR, para digitalizar el video y comprimir la imagen, Figura H.71:

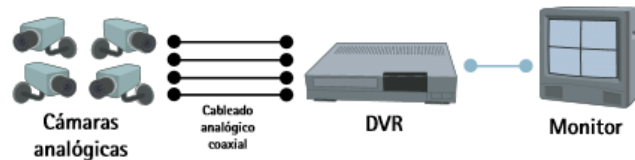


Figura H.185. Sistema de videovigilancia conectados a un DVR.

Fuente: Libro Blanco. (s.f). El acceso fácil al video en red. **Recuperado de:**
http://www.axis.com/es/products/video/about_networkvideo/evolution.htm#nwcameras.

Uno de los inconvenientes más comunes dentro de las instituciones que tenían un CCTV, es la limitación al momento de ampliar el sistema hacia otras ubicaciones específicas que requieran de videovigilancia. En este caso se sustituye el multiplexor de video por conversores A/D, responsables de transformar las señales analógicas a digitales, para que el administrador de la red LAN, pueda gestionar transparentemente la secuencia de video, como se indica en la Figura H.72:

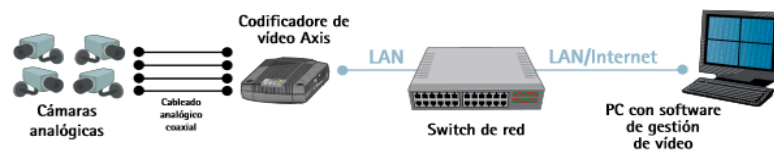


Figura H.186. Red de cámaras analógicas conectadas mediante un codificador de video que se transmite en forma continua hacia una red IP.

Fuente: Libro Blanco. (s.f). El acceso fácil al video en red. **Recuperado de:**
http://www.axis.com/es/products/video/about_networkvideo/evolution.htm#nwcameras

Actualmente los sistemas de video vigilancia IP, se basan en la transmisión de señales que en su mayor parte son del tipo digital, lo que le permite tener la

capacidad de grabar, monitorear y almacenar video, sobre una red LAN o IP, como se observa en la Figura H.73:



Figura H.187. Sistema de video vigilancia completo IP.

Fuente: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11370/fichero/Documento_proyecto_pdf_desglosado%252FParte_1_Sistemas_de_video_vigilancia_en_entornos_IP%252F3_Tipos_de_instalaciones.pdf

Los sistemas de video vigilancia IP, permiten a los usuarios acceder a una secuencia de video en tiempo real, así como recolectar información de eventos ocurridos en diferido⁸⁹, sin la necesidad de realizar una grabación previa.

A continuación se describen las ventajas y desventajas entre estos dos sistemas, Tabla H.19:

Tabla H.88. Diagrama comparativo de las dos tecnologías.

Sistemas de VideoVigilancia Analogico
Ventajas:
<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento de la tecnología simple.
Desventajas:
<ul style="list-style-type: none"> • Requiere más cables (hasta cinco para sincronización vertical y horizontal separada), con lo que los cables y los interruptores más complejo y costoso. • Retardo a través de cada uno de los recorridos de la señal debe ser idéntico a todos los demás, si un cable es más largo o más corto que los otros, entonces los objetos se muestran con franjas de color en la pantalla. • Dificil detección de movimiento. • La distribucion de la secuencia de video hacia posiciones remotas es compleja y muy costosa. • Los VCR no tienen alta capacidad de almacenamiento, consumen mucho tiempo y es muy difícil obtener una secuencia de imágenes con buena resolución. • Presenta muy baja calidad en la imagen cuando se transmite a través de múltiples dispositivos como los corversores o multiplexores, debido a las múltiples conversiones.

⁸⁹ Eventos emitidos en un tiempo posterior al de su grabación

Sistemas de VideoVigilancia IP

Ventajas:

- Proporcionando una menor costo y una mayor funcionalidad a través de la utilización de los equipos de red IP.
- Típicamente proporciona un coste de cableado menor
- La utilización del espacio menor en grandes instalaciones de cámaras debido a la conmutación de cámara y el enrutamiento a través de la infraestructura de la red de cortafuegos, switches y routers.
- Cámara de trabajo de energía interior se puede reducir el uso de alimentación a través de Ethernet (POE), que permite que la energía, el vídeo y el control de un solo cable.
- Soporte para una variedad de resoluciones de imagen que incluye tanto las resoluciones de CCTV analógico estándar y resoluciones de la cámara megapixel.
- Proporcionar la capacidad de zoom digital de imágenes megapixel de alta resolución.
- Convergencia en nuevo control infraestructura de cableado IP existente para cámaras PTZ puede viajar en el mismo cable de red como de vídeo.
- El control mediante contraseña para evitar que personal no autorizado viendo imágenes o alterar las configuraciones de la cámara.
- La mayoría de las cámaras IP apoyarán diferentes formatos de compresión que ayuda a aliviar el ancho de banda y almacenamiento de datos demandas.
- Cámaras IP permiten cifrado de controles de la cámara y la información de audio / vídeo transmitido en la red.
- Algunas cámaras IP tienen almacenamiento interno o procesamiento para permitir la detección placa de video de movimiento u otros análisis de vídeo.
- Utilizando cámaras IP proporciona beneficios para la integración de video vigilancia con otros sistemas y funciones como el control de acceso, sistemas de alarmas, gestión de edificios, etc.
- La configuración remota, diagnóstico redes y mantenimiento reducen los viajes a los componentes del campo.

Desventajas:

- Mayor costo inicial del sistema en caso infraestructura IP no está presente o no lo suficientemente robusta como para manejar la carga de vídeo.
- Estándares de compresión / transmisión de vídeo inconsistente. Cámaras IP están disponibles en muchos modelos diferentes y utilizan una interfaz de programación diferente o pueden codificar vídeo diferente. Esto significa que no se puede asumir que las cámaras IP serán compatibles con las soluciones de grabación de vídeo a otros IP.
- Sulen presentar alteraciones frente a fenomenos externos.

Fuente: Simpson, W. (2ª.Ed). (2008) Video over IP.

10.2. H.8.2. Camaras de red IP.

Las de cámaras de red son el inicio en una transmisión, ya que envían la secuencia de video a través de la red, para ser visualizada por los usuarios autorizados, con la posibilidad de controlar y gestionar varias cámaras al mismo tiempo desde cualquier punto de la red. Dentro de las principales diferencias con las cámaras analógicas, posee una mejor calidad de imagen, mayor resolución,

detección de movimiento. En base a la siguiente Figura H.74, se describen sus principales componentes:

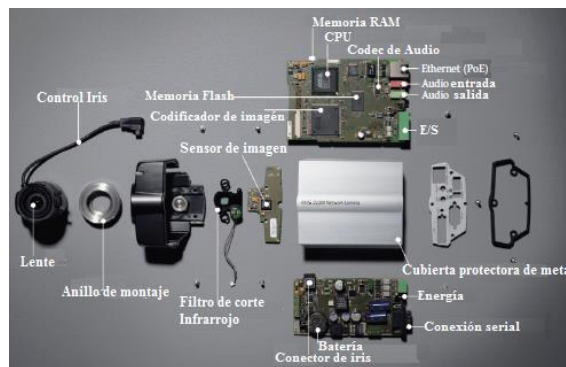


Figura H.188. Componentes de una cámara IP.

Fuente: García. J.F (2011) Videovigilancia: CCTV usando vídeos IP.

- El lente capta la luz para proyectar la imagen.
- Procesadores de memoria son necesarios, para realizar las funciones de compresión, funciones de red y el análisis de la secuencia de video.
- La memoria RAM es utilizada para almacenar la información proyectada por la cámara.
- Sensor de imagen CCD⁹⁰ o CMOS⁹¹, cuyas características se describen más adelante.
- Filtro de corte infrarrojo, permite que las cámaras puedan visualizar la imagen sin ningún tipo de distorsión tanto en el día como en la noche, este proceso se realiza de forma automática según la cantidad de luz donde se encuentre ubicada la cámara.
- Entradas y salidas de audio.
- Alimentación eléctrica, a través de un dispositivo de red, en el mismo cable de datos.
- Lente auto iris para regular la cantidad de luz del sensor de imagen, generalmente están en las cámaras para exteriores.

10.3. H.8.3 Tipos de cámaras de red.

⁹⁰ **Charge coupled device:** Dispositivo de acoplamiento de carga

⁹¹ **Complementary metal oxide semiconductor:** Semiconductor de óxido metálico complementario.

Las cámaras ocupan un gran abanico de posibles soluciones, entorno al tipo de aplicaciones, que van desde cámaras para exteriores diseñada para utilizarse en situaciones de funcionamiento muy adversas, así como en ambientes más habituales. Partiendo de esta premisa, las cámaras de red pueden clasificarse en los siguientes tipos:

10.3.1. H.8.3.1. Cámaras Fijas.

Las cámaras fijas, como su nombre lo indican se enfocan en un solo punto, Figura H.75, sin disponer de ningún tipo de movimiento adicional, además de montarse sobre paredes y techos.



Figura H.189. Cámaras Fijas.

Fuente: García. J.F (2011) Videovigilancia: CCTV usando videos IP

10.3.2. H.8.3.2. Cámaras Fijas tipo domo.

Como se observa en la Figura H.76, este tipo de camaras, poseen una base fija para ubicarlas sobre techos y paredes y una protección semielíptica que no permite ver donde esta enfocando el lente.



Figura H.190. Cámara tipo Domo.

Recuperado de: <https://www.anixter.com/content/dam/Suppliers/AxisCommunications/AxisDocuments/>

10.3.3. H.8.3.3. Camara de red domo PTZ

Las camaras domo PTZ⁹², Figura, a diferencia de las anteriores posee un movimiento de rotación continua, con angulos de visión de 360°, gracias a su versatilidad se puede instalar en techos, paredes o superficies inclinadas. Basada en la certificación IP66, donde:

- IP: Indice de protección.
- 6: Nivel de proteccion contra el ingreso de objetos solidos.
- 6: Nivel de protección contra el ingreso de agua.

Danto total proteccion ala camara contra personas, entradas de polvo, llluvias, asegurando su funcionamiento en los ambientes mas extremos, inclusive resistencia frente a actos vandalicos, con la ayuda de una alarma antimanipulación integrada. Las camaras domo ofrecen operación continua en el modo ronda vigilancia, en donde la camara se mueve en forma aleatoria y constante, Figura H.77:



Figura H.191. Cámara PTZ.

Figura: Recuperado de: <http://www.axis.com/es/products/video/camera/ptz/>

A continuación se describen las principales funciones de las camaras domo PTZ, por medio de la siguiente Tabla H.20:

Tabla H.89. Características de las cámaras domo PTZ.

Característica	Función
Mascara de privacidad	Permite bloquear o determinadas areas de la escena, cuando se realiza la grabación o visualización de la secuencia de video, para que no sea grave.
Estabilización de la imagen	En ambientes exteriores, las camaras domo PTZ, son sensibles a las vibraciones y al movimieto causadas por el tráfico o el viento. Con la ayuda de

⁹² **Pant, tilt, zoom:** rotación, inclinación, acercar o alejar.

	esta característica, se reduce el efecto de vibración en la secuencia de video. Adicionalmente reduce el tamaño de una imagen comprimida.
E-flip	Cuando la cámara PTZ está en el techo, y la cámara está realizando el seguimiento de una persona en una zona de gran tamaño, es posible que esta persona se pase por debajo de la cámara. Con esta funcionalidad E-flip, las imágenes se ven al revés, E-flip gira las imágenes 180° de forma automática y transparente para el operador.
Posiciones Predefinidas	Permite programar posiciones previamente, con la opción de poder modificarlas de forma muy rápida.
Autoseguimiento	Esta es una de las opciones más importantes, ya que detecta el movimiento de una persona o vehículo y la sigue dentro de la zona de cobertura de la cámara. Lo que resulta útil en situaciones de videovigilancia no controlada por los operadores. Lo que aumenta la efectividad del sistema debido a que permite que las cámaras PTZ graben áreas que tengan actividad.

Fuente: García. J.F (2011) Videovigilancia: CCTV usando videos IP.

10.4. H.8.4. Elementos de la cámara de red.

Para poder transmitir una secuencia de video en formato digital a través de una red LAN o IP, es necesario detallar una serie de fundamentos básicos que inciden en la calidad de la imagen, a continuación se describen los más principales:

10.4.1. H.8.4.1. Pixel.

Se define a un pixel, como el conjunto de puntos más pequeños, que combinados forman la secuencia de imágenes en una señal de video digital. Dentro de la señal de video, el tipo de información del que se compone, se forma a partir de dos elementos principales, que son:

10.4.2. H.8.4.2. Luminancia.

La luminancia es la responsable de enviar toda la información, acerca de la intensidad de luz, proyectada por una imagen perceptible por el ojo humano. Cabe señalar que la intensidad de luz es representada en la escala de grises (blanco y negro).

10.4.3. H.8.4.3. Crominancia.

En este caso, la crominancia, es la encargada de transportar toda la información relacionada con el color en una secuencia de video digital, a la cual se asigna, un modo de color denominado RGB⁹³, formada a partir de la combinación de tres colores primarios, rojo, verde y azul, como se observa en la Figura H.78:

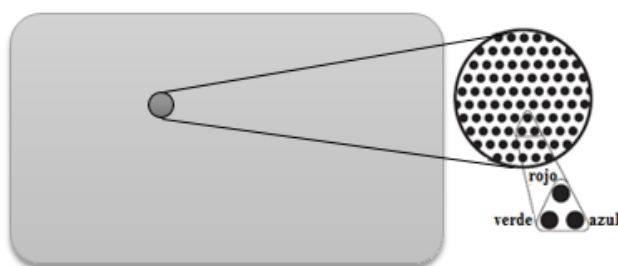


Figura H.192. RGB.

Fuente: Caputo, A. (2010). Seguridad y Video Vigilancia digital. USA: Elsevier.

Tomando en consideración las definiciones anteriores, tanto la crominancia y luminancia se encuentran íntimamente relacionados entre sí para formar el sistema de video.

Otra de las consideraciones importantes, se conoce como la **profundidad de color**, que indica el número en bits de los diferentes colores que puede contener cada píxel, como se indica en la siguiente Tabla H.21:

Tabla H.90. Profundidad de color digital es el número de bits por píxel.

Número de bits	Número de colores	Fórmula
8 bits	256 colores	2^8
16 bits	65.536 colores	2^{16}
24 bits	16.777.215 colores	2^{24}

Fuente: Guía Técnica VideoIP. Recuperado de: <https://www.anixter.com/content/dam/Suppliers/AxisCommunications/AxisDocuments/>

⁹³ Red, Green, Blue.

10.4.4. H.8.4.4. Cuadro.

El también denominado fotograma o trama, es el modo en que cada una de las diferentes secuencias de imágenes son captadas por las cámaras de video y transmitidas en el formato digital. Para que los diferentes cuadros de una secuencia de video, tengan la sensación de movimiento para el ojo humano, es necesario que los cuadros se proyecten en forma continua a una determinada frecuencia por segundo (fps⁹⁴), en su mayoría entre 25 y 30 fps.

10.5. H.8.5. Barrido de imágenes.

El proceso de barrido, hace que las cámaras capten la imagen en líneas, Figura H.79, divididos en dos formas específicas:

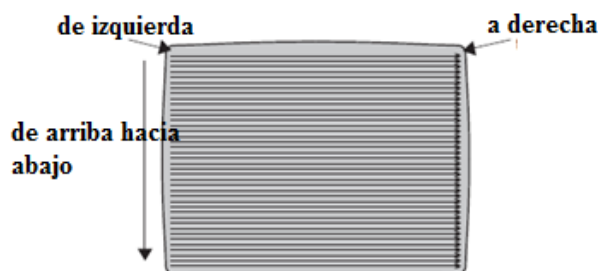


Figura H.193. Barrido de imágenes.

Fuente: Caputo, A. (2010). Seguridad y Video Vigilancia digital. USA: Elsevier.

10.5.1. H.8.5.1. Barrido Entrelazado.

En este caso el cuadro se divide en dos campos de líneas pares e impares, donde en principio se realiza el barrido de las líneas impares de la imagen desde la parte superior hasta la inferior, para continuar con el barrido de las líneas pares de

⁹⁴ Frames per second

la imagen. En el barrido entrelazo la imagen se forma con 576 líneas a una frecuencia de 30 fps, como se indica en la Figura H.80 (a).

10.5.2. H.8.5.2 Barrido Progresivo.

A diferencia del barrido entrelazo, el proceso se realiza en forma ordenada y secuencial desde arriba hasta abajo arriba hacia. Haciendo una analogía, se realiza el mismo proceso de la lectura de un libro de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. En el barrido progresivo la imagen se forma con 480 líneas a una frecuencia de 25 fps, Figura H.80 (b).

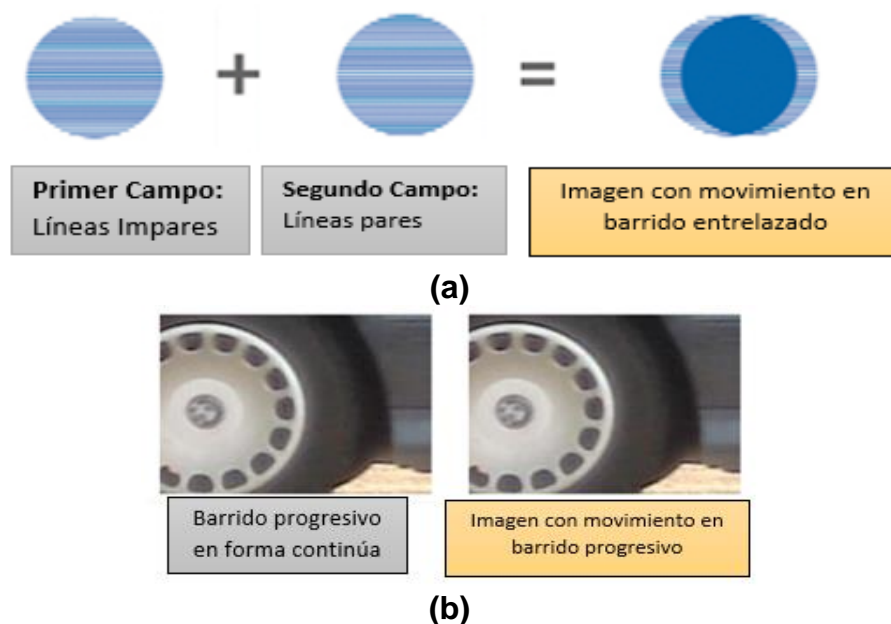


Figura H.194. Barrido entrelazado y Barrido progresivo.

Figura: García. J.F (2011) Videovigilancia: CCTV usando vídeos IP.

Una consideración importante se observa en la Figura E.80 (a), las imágenes en movimiento en el barrido entrelazado se distorsionan considerablemente, razón por la cuál los sistemas de video vigilancia IP, utilizan la técnica de barrido progresivo, Figura H.80 (b).

10.6. H.8.6. Sensor de Imagen.

El sensor de imagen es uno de los elementos más importantes dentro de la cámara de videovigilancia, ya que se encarga de registrar cada parte de luz recibida y transformarla en una serie de dígitos binarios correspondientes a un píxel, de acuerdo a la cantidad de luz (luminancia) y color (crominancia) de la imagen. A partir de esta definición, se encuentran dos tipos de sensores:

10.6.1. H.8.6.1. Sensor CCD.

Este tipo de sensores son fabricados para las cámaras de video, poseen una muy alta calidad de imagen y una disminución considerable de ruido durante la conversión de la señal. Es mucho más sensible que el sensor CMOS, lo que le permite captar de mejor manera la cantidad de luz. Su costo es alto en relación al CMOS ya que cuenta con un chip externo para realizar el proceso de conversión analógico a digital.

10.6.2. H.8.6.2. Sensor CMOS.

Los sensores CMOS, necesitan alta cantidad de luz para que la imagen sea aceptable, la transformación de las imágenes son de baja calidad. El proceso de conversión de analógico a digital se realiza en un mismo chip, realizando la conversión más rápidamente que el sensor CCD.

10.7. H.8.7. Resolución.

La resolución se refiere al número de líneas horizontales y verticales que se observan en una cámara de video. Para obtener su valor es necesario multiplicar el número de píxeles o columnas horizontales por el número de píxeles o líneas verticales para saber su resolución. Así, mientras más líneas tenga una imagen, mejor resolución tendrá.

10.7.1. H.8.7.1. Resolución NTSC⁹⁵

Se forma a partir de 480 líneas cada cuadro a una frecuencia de 30 cuadros por segundo, con una resolución máxima de 720 x 480 píxeles.

10.7.2. H.8.7.2. Resolución PAL⁹⁶.

Se forman a partir de 576 líneas cada cuadro a una frecuencia de 25 cuadros por segundo, con una resolución máxima de 720 x 576.

10.8. H.8.8. Formatos de codificación.

En la actualidad se han establecido diversos dispositivos de transmisión de imágenes digitales que conforman el video para cada tipo de aplicaciones, desde un televisor LED o plasma, videoconferencias, dispositivos móviles, hasta los modernos sistemas de video vigilancia sobre redes. Los mismos que manejan múltiples formatos de codificación.

10.8.1. H.8.8.1. CIF.

El formato de codificación CIF⁹⁷, permite que los múltiples formatos de compresión existentes sean compatibles con los dispositivos de recepción. Aclarado esto se determina su clasificación en la siguiente Tabla H.22:

Tabla H.91. Formato de codificación CIF.

Formato de codificación	Área de pantalla	Formato píxel	Número de píxeles
CIF			
CIF	1/4	352 x 240 (NTSC) 352 x 288 (PAL)	88.480 101.376

⁹⁵ **National Television System Committee:** Nacional de Sistemas de Televisión

⁹⁶ **Phase Alternating Line:** línea alternada en fase

⁹⁷ **Common Intermediate Format:** Formato de intercambio común.

2CIF	1/3	704 x 240 (NTSC) 704 x 288 (PAL)	168.960 202,752
Q CIF	1/16	176 x 120 (NTSC) 176 x 144 (PAL)	21.120 25.344
4CIF	Imagen completa	704 x 480 (NTSC) 704 x 576 (PAL)	337.920 405.504
D1	Imagen completa	720 x 480 (NTSC) 720 x 576 (PAL)	345.600 414.720

Fuente: Guía Técnica VideoIP. **Recuperado de:**

<https://www.anixter.com/content/dam/Suppliers/AxisCommunications/AxisDocuments/>

En la Figura H.81, se describe la clasificación de cada uno de los formatos de codificación a través de la pantalla:

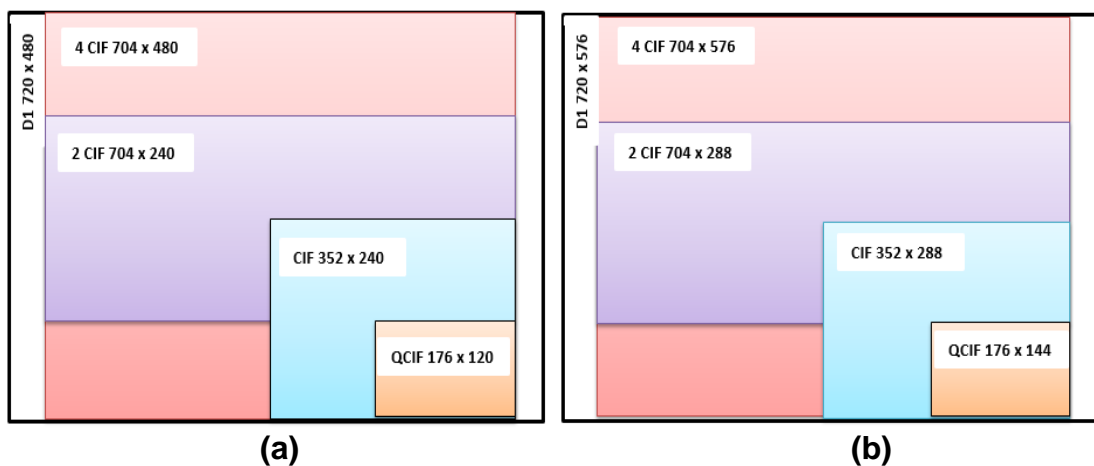


Figura H.195. Formato CIF. (a) NTSC. (b) PAL.

Fuente: García. J.F (2011) Videovigilancia: CCTV usando vídeo IP.

10.8.2. H.8.8.2. Resolución VGA⁹⁸.

Este tipo de resolución generalmente es adecuada para cámaras IP, debido a que la forma de los píxeles son cuadrados, permitiendo acoplarse de mejor manera a la pantalla de un computador. La Tabla H.23, indica sus principales resoluciones:

Tabla H.92. Clasificación de resolución VGA.

Formato de codificación	Formato pixel	Número de píxeles
	VGA	

⁹⁸ **Video Graphics Array:** Tabla de Gráficos de Video.

QVGA	320 x 240	76.800
VGA	640 x 480	307.200
SVGA	800 x 600	480.000
XVGA	1024 x 768	786.432
4xVGA	1280 x 960	1.228.800

Fuente: Guía Técnica VideoIP. **Recuperado de:**
<https://www.anixter.com/content/dam/Suppliers/AxisCommunications/AxisDocuments/>

10.8.3. H.8.8.3. Resolución Megapíxel.

La resolución comienza a partir del millón de píxeles en adelante. La forma de los detalles en esta resolución es muy alta, con los beneficios de poder visualizar personas, placas a mayores distancias. Se clasifican de siguiente manera, Tabla H.24:

Tabla H.93. Clasificación de resolución Megapíxel.

Formato de codificación	Formato pixel	Número de píxeles
	Megapíxel	
SXGA	1280 x 1024	1.310.720
SXGA + (EXGA)	1400 x 1050	1.470.000
UXGA	1600 x 1200	1.920.000
WUXGA	1920 x 1200	2.304.000
QXGA	2048 x 1536	3.145.728
WQXGA	1560 x 1600	2.496.000
QSXGA	2560 x 2048	5.242.880

Fuente: Guía Técnica VideoIP. **Recuperado de:**
<https://www.anixter.com/content/dam/Suppliers/AxisCommunications/AxisDocuments/>

10.8.4. H.8.8.4. Resolución de alta definición HDTV⁹⁹.

Como su nombre lo indica se define a partir del nivel más alto de resolución, capaz de proporcionar un mínimo 720 píxeles en barrido progresivo o 1080 píxeles en barrido entrelazado. Contiene mucho más detalles incluso de la resolución

⁹⁹ **High Definition Television:** Televisión de alta definición.

anterior, debido a su mayor número de píxeles a 25 o 30 imágenes por segundo. La Tabla H.25, muestra sus principales resoluciones:

Tabla H.94. Clasificación HDTV.

Formato de codificación	de Megapíxeles	Barrido Escaneo	/ Número de píxeles
HDTV 720P	1280 x 720	Progresivo	921.600
HDTV 1080	1920 x 1080	Intercalado	1.382.400
HDTV 1080	1920 x 1080	Progresivo	1.382.400

Fuente: Guía Técnica VideoIP. **Recuperado de:** <https://www.anixter.com/content/dam/Suppliers/AxisCommunications/AxisDocuments/>

10.9. H.8.9. Compresión.

Anteriormente se mencionó que la resolución es el producto entre el número de líneas horizontales y verticales presentes en una imagen o cuadro digital. También se expresó que mientras más es el número de píxeles en la imagen, la resolución es más clara y de mayor definición. Sin embargo al obtener este aumento en la resolución hace que la capacidad de almacenamiento sea mucho mayor cuando se transmite a través de la red.

Es por eso que la compresión permite que los datos de video se almacenen de manera más eficiente, presentando casi el mismo tipo de información de la imagen original con una menor cantidad de almacenamiento y ancho de banda.

La compresión de video toma en cuenta dos elementos imprescindibles de la señal:

- **Entropía:** se refiere a los píxeles que son poco probables de repetirse en una secuencia de imágenes. Estos valores son los que se comprimen.
- **Redundancia:** en este caso los píxeles tienen casi el mismo valor y se repiten con mayor frecuencia, al repetirse casi en forma continua estos valores son los transmitidos.

Básicamente existen dos formas de compresión de video a considerar:

10.9.1. H.8.9.1. Compresión sin pérdida.

Es aquella en donde el número de píxeles que se observan en el equipo receptor debe ser exactamente igual a la señal de entrada. En este caso se comprimen los datos en la forma más reducida posible para evitar perder la menor cantidad de información de la imagen. Sus relaciones de compresión solo pueden llegar de 2:1 a 5:1.

10.9.2. H.8.9.2. Compresión con pérdida.

Cuando se realiza una transmisión de video, no es imprescindible que cada bit de la señal original se mantenga de forma intacta, su objetivo es eliminar información redundante, que en la mayoría de los casos es imperceptible al ojo humano. El único inconveniente es que cuando se comprime y descomprime reiteradas veces la imagen tiende a degradarse.

Dentro de este concepto la compresión de las señales de video digitales puede realizarse de dos maneras:

10.9.3. H.8.9.3. Compresión Intra-frame.

Conocida también como compresión espacial¹⁰⁰, comprime cada uno de los cuadros por separado y de forma independiente sin que tengan ninguna relación con las imágenes que lo rodeen, como se indica en la Figura H.82:

¹⁰⁰ Hace su relación con las similitudes entre píxeles adyacentes en áreas planas de la imagen.

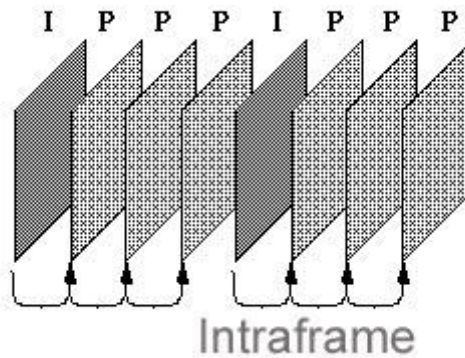


Figura H.196. Método de compresión Intra-frame.

Fuente: digitalfotored. **Recuperado de:**

<http://www.digitalfotored.com/videodigital/tiposcompresionvideo.htm>

10.9.4. H.8.9.4. Compresión Inter-frame.

En la compresión inter-frame toma en cuenta la secuencia de video anterior a la imagen que se va a comprimir, tomando en cuenta las similitudes o el nivel de redundancia que exista en cada cuadro del video, como se indica en la Figura H.83.

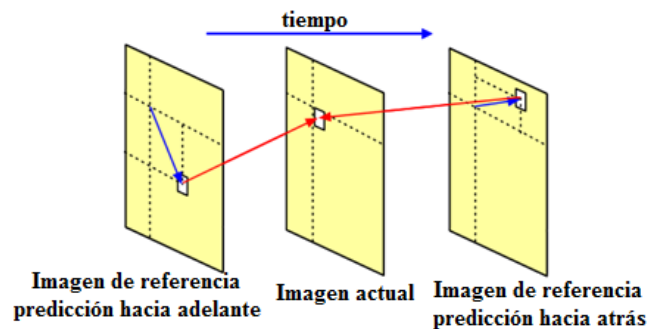


Figura H.197. Método de compresión Inter-frame.

Fuente: digitalfotored. **Recuperado de:**

<http://www.digitalfotored.com/videodigital/tiposcompresionvideo.htm>

10.10. H.8.10. Tipos de compresión.

10.10.1. H.8.10.1. JPEG¹⁰¹.

Es una de las primeras técnicas de compresión, aplicable en imágenes fijas y de video. Su funcionamiento se basa en comprimir cada cuadro de forma independiente, consiguiendo muy altas tasas de transmisión y ancho de banda, pero con mayores eficiencias en calidad.

10.10.2. H.8.10.2. MPEG¹⁰².

MPEG comprime la información en la que se han producido cambios en la imagen en vez de almacenar todo el cuadro. Conforme el avance de la tecnología MPEG se ha ido ampliando con mejores características y complementos a sus anteriores formatos de compresión. Tanto MPEG como JPEG utilizan la compresión DCT¹⁰³, encargado de dividir la imagen de video en bloques de 8 x 8 bloques y analizarlos de forma individual, para posteriormente suprimir los componentes que no afecten a la imagen ni sea percibida por el ojo humano.

Una de características importantes de MPEG se basa en el hecho de utilizar tres tipos diferentes de imágenes:

- **Imágenes I.**

Es la imagen inicial en la secuencia de video, no hace referencia a ningún otro cuadro dentro de la secuencia de video, se conoce como Intraframe.

- **Imágenes P.**

¹⁰¹ **Joint Picture Experts Group:** Grupo Conjunto de Expertos en Fotografía.

¹⁰² **Moving Picture Experts Group:** Grupo de trabajo de expertos.

¹⁰³ **Discrete Cosine Transform:** Transformada de coseno discreta.

La imagen predictiva, se forman a partir de una imagen previa que puede ser una imagen I o una imagen P, por consiguiente no transmiten la información redundante presente en la secuencia de video. En los cuadros P la predicción se realiza solo hacia adelante, o lo que es lo mismo con información de los cuadros I o P anteriores.

- **Imágenes B.**

La imagen bidireccional se calculan a partir, tanto de las imágenes anteriores como las que siguen delante de la misma.

En la siguiente Figura H.84, se describe el formato de compresion basado en las imágenes I, P, B.

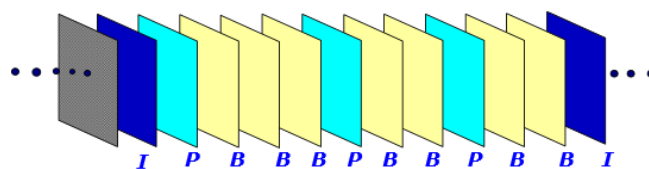


Figura H.198. Imágenes I, P, B.

Fuente: Simpson, W. (2ª.Ed). (2008) Video over IP.

Los principales formatos de compresión en MPEG son:

10.10.3. H.8.10.3. MPEG-1.

Alcanza una resolución de 352 x 240 a 30 fps, este formato de compresión se creó para aplicaciones en CD-ROM, dentro de sus características específicas está, la búsqueda, avance y retroceso rápido de la secuencia de imágenes. Su calidad se asemeja a las cintas VHS¹⁰⁴ de los denominados VCD¹⁰⁵.

10.10.4. H.8.10.4. MPEG-2.

¹⁰⁴ **Video Home system:** es un sistema de reproducción analógico.

¹⁰⁵ **Video Compact disc:** es un formato para almacenamiento de video en un disco compacto.

Es la continuación de MPEG-1, se origino inicialmente para la televisión digital. Este clase de formatos es común en videos DVD¹⁰⁶, su resolucio es de 720 x 480 pixeles a 25 fps, tanto para escaneo progresivo como entrelazado.

10.10.5. H.8.10.5. MPEG-4.

Es el primer estandar considerado para la transmision de video sobre redes IP, ademas de ser utilizado en dispositivos móviles y de televisión. MPEG-4 es compatible con aplicaciones de gran ancho de banda o reducido, sin restricció en la frecuencia de cada imagen.

10.10.6. H.8.10.6. H.26x.

10.10.6.1. H.8.10.6.1. H.261/H.263.

Se creo en 1988, cosiderado el primer estandar para la transmisión de video conferencia sobre lineas RDSI de 64 kbps de velocidad, utiliza el mecanismo de compresión DCT, similar al formato MPEG. Como principal diferencia H.261, utiliza solo las imágenes I y P. El H.263 brinda mejores beneficios en cuanto a la compresión y la calidad de la imagen, mediante el uso de vectores de movimiento no restringidos.

10.10.6.2. H.8.10.6.2. MPEG-4/H.264 AVC.

Este estandar H.264 puede reducir considerablemente el tamaño del archivo, sin distorsionar la imagen. Lo que significa que utiliza un menor ancho de banda en comparacion com MPEG-4. El formato H.264, se utiliza en aplicaciones que requieran una gran resolución, como la video vigilancia de carreteras, estadios, monitoreo de ciudades, donde se manejan frecuencias de 30 y 25 fps con NTSC y PAL.

¹⁰⁶ **Digital Versátil Disc:** es un disco digital de almacenamiento.

En la siguiente Tabla H.26, se realiza un resumen con los anchos de banda típicos y los factores de compresión en cada formato:

Tabla H.95. Formatos de compresión.

Estándar/ formato	Radio de Compresión
M-JPEG	7-27:1
H.261	24:1
H.263	50:1
MPEG-1	25-100:1
MPEG-2	30-100:1
MPEG-4	50-100:1
MPEG-4/H264 AVC	50-200:1

Fuente: Simpson, W. (2ª.Ed). (2008) Video over IP.

Cuando las imágenes que se encuentran dentro del stream de video tienen muchos detalles, es necesario comprimir las imágenes en nivel bajo, para mantener la calidad de la imagen, a diferencia de la compresión a nivel medio o alto, que ocupa un menor espacio de almacenamiento pero con menor detalle en la imagen.

La siguiente Tabla H.27, hace referencia al formato NTSC de 30 fps, implementado por el GAD-I :

Tabla H.96. Tamaño de cuadro para: (a) MJPEG. (b) MPEG-4. (c) H.264.

Resolución	Nivel de Compresión		
	Nivel Bajo (KB)	Nivel Medio (KB)	Nivel Alto (KB)
320x240 (QVGA)	12	9	8
640x480 (VGA)	46	38	32
352x240 (CIF)	13	10	9
704x240 (2CIF)	26	21	18
704x480 (4CIF)	51	41	36
720x480 (D1)	52	41	37

(a)

Resolución	Nivel de Compresión
	Nivel Bajo
	Nivel Alto

	(Kb)	Nivel Medio (Kb)	(Kb)
320x240 (QVGA)	3	2	1
640x480 (VGA)	9	7.3	6
352x240 (CIF)	3	2	2
704x240 (2CIF)	5	4	3
704x480 (4CIF)	10	8	7
720x480 (D1)	11	8	7

(b)

Resolución	Nivel de Compresión		
	Nivel Bajo (Kb)	Nivel Medio (Kb)	Nivel Alto (Kb)
320x240 (QVGA)	1	1	1
640x480 (VGA)	3.5	2.6	2.2
352x240 (CIF)	1	1	1
704x240 (2CIF)	2	1	1
704x480 (4CIF)	4	3	2
720x480 (D1)	7	4	2
800x600 (SVGA)	7	5	5
1280x720 (HD)	13	10	9

(c)

Fuente: IP Video System Design Tool. Recuperado de: <http://www.jvsg.com/cctv-design-tool/>

11. ANEXO I.

Consideraciones del servicio de voz.

Las diferentes señales de voz que se envían a través de la encapsulación de paquetes de datos con formato digital a través de la red IP, se denomina Voz sobre IP, con el uso de la redes LAN o MAN. Una de las diferencias principales con la

forma análoga es que su proceso de conmutación no se realiza a través de circuitos comunes utilizados por la telefonía convencional. La siguiente Figura I.86, muestra el principio de funcionamiento, de una central IP o PBX¹⁰⁷, donde se observa que la forma de conexión con la PSTN¹⁰⁸ se realiza a través de líneas troncales E1/T1. Cabe señalar que los números conectados directamente en la PBX toman el nombre de extensiones.

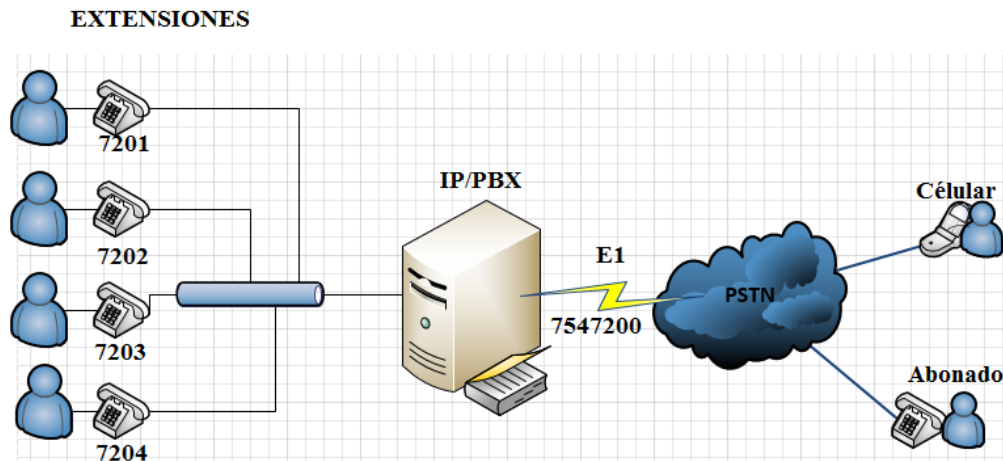


Figura I.199. Principio de funcionamiento central IP

Fuente: Pérez, B. (2014). Asterisk PBX: Instalación, implementación.

11.1. I.9.1. Protocolos de Transporte de Voz sobre IP.

El protocolo de transporte utilizado por los sistemas de Voz sobre IP, para realizar el intercambio de paquetes de datos entre dos extremos de una red de comunicación, son los protocolos RTP y cRTP, encapsulados a su vez en UDP, ya que al tratarse de datos en tiempo real, no es necesario que se garantice la entrega de información sino más bien la velocidad a la que se transmiten en la red. Por su parte CRTP, se utiliza cuando se necesiten comprimir el número de cabeceras a transmitirse en la red, sin embargo en muchos de los casos el problema por los múltiples retardos limita su funcionamiento. Las principales características se analizaron en el Anexo de datos, descrito anteriormente.

¹⁰⁷ Private Branch Exchange: Red privada de conmutación

¹⁰⁸ Public Switched Telephony Network: Red Telefónica Pública Conmutada.

11.2. I.9.2. Protocolo de Señalización.

El protocolo de señalización cumple con las mismas funciones de las que se realizan cuando se inicia, establece y termina una comunicación en centrales análogas, son la diferencia de que se lo realiza sobre las redes de datos IP. Por otra parte se definen tres protocolos principales de señalización.

11.2.1. I.9.2.1. Protocolo de Señalización H.323.

Está definido principalmente para establecer sesiones de video conferencias. Fue uno de los primeros que se establecieron para realizar la transmisión de voz, video y datos a nivel de IP. Se compone de cuatro componentes principales:

- **Terminales:** son todos los equipos se utilizan para establecer la comunicación entre dos extremos del enlace, es decir que son los teléfonos.
- **Gateway:** permiten que la red que maneja este protocolo pueda establecerse, con protocolos diferentes. Dentro de sus principales funciones está la de permitir que los teléfonos convencionales se comuniquen transparentemente con los teléfonos IP.
- **Puerta de enlace:** es importante para realizar la conexión con la PSTN.
- **Unidad de control (MCU):** se utilizan para que se puedan realizar múltiples tipos de comunicaciones de voz y video en forma simultánea, con más de un usuario.

Características principales.

- La gestión de la llamada lo realiza mediante señalización
- Posee protocolos de seguridad
- Utiliza la MCU, para poder realizar llamadas de videoconferencia.
- Se puede transmitir simultáneamente los datos, sin cortar la llamada.

11.2.2. I.9.2.2. Protocolo de Señalización SIP¹⁰⁹.

A diferencia de H.323 establece su comunicación en base a los mensajes basados en el formato HTTP, necesario para establecer las comunicaciones con direccionamiento IP, lo que le permite intercambiar sus datos más eficientemente que el anterior

Establecimiento de Comunicación mediante SIP.

Para comprender de mejor manera el principio de funcionamiento se especifica en pasos como se realiza la comunicación entre dos usuario:

- **Paso 1:** la usuaria migu@origen.com marca en su teléfono la dirección 100@sip.utn.com. Esta petición se hace directamente al servidor en el que el teléfono de Ana está registrado.
- **Pasos 2 y 3:** dado que el destinatario no está registrado en origen.com, la llamada progresa hasta el servidor sip.empresa.com y de ahí se envía a la extensión 250.
- **Pasos 4 y 6:** la señal de que la extensión 250 está sonando la genera el propio teléfono y se reenvía a través de los servidores para que llegue al teléfono de Ana.
- **Pasos 7 al 9:** cuando la persona que atiende la extensión 250 descuelga, se envía el mensaje han descolgado que llegara, tras sucesivas reenvíos, al teléfono de Ana.
- **Paso 10:** una vez que se ha aceptado la llamada, existen dos posibilidades. O bien el tráfico o Stream de audio se reenvía a través de los servidores o bien se intercambian directamente los dos.

La siguiente Figura I.86, demuestra todo lo expuesto anteriormente, así como la Tabla I.28, donde se especifica los 6 mensajes necesarios para establecer la comunicación:

¹⁰⁹ Session Initiation Protocol: Protocolo de Inicio de Sesión

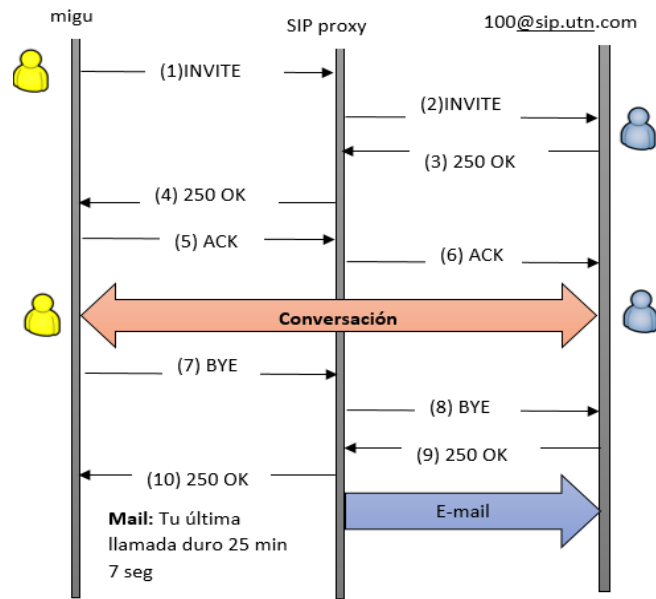


Figura I.200. Establecimiento de comunicación SIP

Fuente: Comer, D. (2009). Computadoras redes e Interfaces.

Tabla I.97. Mensajes de establecimiento SIP.

Método	Propósito
INVITAR	Creación Sesión: Se invita a un punto final para participar en la sesión.
ACK	Acuse a INVITAR
BYE	Sesión de terminación: llamada finaliza
CANCELAR	A la espera de la cancelación petición (sin efecto si la solicitud se ha completado)
REGISTRO	El registro de la ubicación del usuario (es decir, una dirección URL a la que se puede llegar al usuario)
OPCIONES	Consulta para determinar las capacidades de la parte llamada

Fuente: Comer, D. (2009). Computadoras redes e Interfaces.

Tabla I.98. Comparativa entre H.323 y SIP.

Definición.	H.323	SIP
Norma	H.323V4	IRFC3261
Arquitectura	Distribuida	Distribuida
Control de llamadas	Gatekeeper	Servidor Proxy
Compatibilidad con PSTN	No	Si
Integración	Pila de protocolos completa	Maneje solo establecimiento y terminación de la llamada
Conferencias multimedia	Si	No
Direccionamiento	Host o número de teléfono	URL'S

Fuente: Simpson, W. (2ª.Ed). (2008) Video over IP.

11.3. I.9.3. CÓDECS.

Para transmitir a través de una red IP, los paquetes de datos se comprimen, disminuyendo la cantidad de bits. Dentro de sus características realizan el proceso de conversión de la señal analógica a digital.

Como principal problema está que mientras más se comprime una señal de voz, es más propensa a tener mayores retardos, así como la disminución considerable de calidad, es decir que mientras más se comprime menos calidad se obtiene.

Según el tipo de códec el ancho de banda varia, a continuación se enumeran los principales:

- **G.711:** este tipo de códec es gratuito, ya que no realiza ningún tipo de compresión por lo que utiliza los 64kbs, sin embargo en cuanto a calidad es el mejor a diferencia de los siguientes.
- **G.726:** es el sucesor del códec G.721 y G.723 con capacidades de compresión de 32, 34 y 40 kbps. Además de esta capacidad tiene 16 kbps.
- **G.729:** con tan solo 8 kbps puede tener una similar calidad que el códec G.711, pero con mucha mayor capacidad de procesamiento. Adicionalmente tiene un costo para poder utilizarlo.
- **G.723.1:** comprime la voz en paquetes de 30ms, utilizado en videoconferencias y teleconferencias donde se necesita una alta calidad de imagen y una mínima calidad de sonido.

La Tabla I.30, muestra las principales consideraciones de ancho de banda de voz sobre IP:

Tabla I.99. Consideraciones de Ancho de banda de Voz sobre IP.

CODEC	Velocidad de CODEC	Periodo de empaquetamiento	Payload	Header RTP/UDP/IP	Tamaño total del paquete	Paquetes por segundo	Cabecera de capa Enlace	Capacidad del canal
G.711	64 kbps	10ms	80bytes	40bytes	120bytes	100	18bytes	

G.711	64 kbps	20ms	160byte s	40bytes	200byte s	50	18bytes
G.711	64 kbps	30ms	240byte s	40bytes	280byte s	33	18bytes
G.728	16kbps	10ms	20bytes	40bytes	60bytes	100	18bytes
G.728	16kbps	20ms	40bytes	40bytes	80bytes	50	18bytes
G.728	16kbps	30ms	60bytes	40bytes	100byte s	33	18bytes
G.729	11.8kbp s	10ms	15bytes	40bytes	55bytes	50	18bytes
G.729	11.8kbp s	20ms	30bytes	40bytes	70bytes	33	18bytes
G.729	11.8kbp s	30ms	45bytes	40bytes	85bytes	100	18bytes

Fuente: Simpson, W. (2ª.Ed). (2008) Video over IP.

12. ANEXO J.

12.1. J.10.1. Consideraciones generales de equipamiento SDH.

- EQUIPO ZXMP S325.

Información general Tarjetas.

Descripción general de todas las tarjetas disponibles en el ZXMP S325, se detallan en la Tabla J.31.

Tabla J.100. Descripción de tarjetas ZXMP S 325.

Board ID	Board/Unit Name	Remarks
MB	Motherboard	-
SAIA	System auxiliary interface board (type A)	-
SAIB	System auxiliary interface board (type B)	-
NCP	NE control processor	Supports orderwire function. Applicable to ZXMP S330.
PWRA	Power supply board	-
PWRB	Power supply board	-
OCS4	STM-1/4 optical line, cross-connect, and synchronous-clock board	-
OCS16	STM-16 optical line, cross-connect, and synchronous-clock board	-
LP1x1	1-channel STM-1 line processor	Applicable to ZXMP S330.
LP1x2	2-channel STM-1 line processor	
LP4x1	1-channel STM-4 line processor	
LP4x2	2-channel STM-4 line processor	
OL1/4x4	4-channel STM-1/STM-4 optical line board	<ul style="list-style-type: none"> • With different optical modules, it can work as STM-1 or STM-4 optical line board. • Applicable to ZXMP S330.
OL16x1	1-channel STM-16 optical line board	Applicable to ZXMP S330.

OIS1x1	1-channel STM-1 optical interface board	Applicable to ZXMP S330.
OIS1x2	2-channel STM-1 optical interface board	
OIS1x4	4-channel STM-1 optical interface board	
OIS1x6	6-channel STM-1 optical interface board	
OIS4x1	1-channel STM-4 optical interface board	
OIS4x2	2-channel STM-4 optical interface board	
OL1/4x4	4-channel STM-1/STM-4 optical line board	<ul style="list-style-type: none"> • With different optical modules, it can work as STM-1 or STM-4 optical line board. • Applicable to ZXMP S330.
OL16x1	1-channel STM-16 optical line board	Applicable to ZXMP S330.
OIS1x1	1-channel STM-1 optical interface board	Applicable to ZXMP S330.
OIS1x2	2-channel STM-1 optical interface board	
OIS1x4	4-channel STM-1 optical interface board	
OIS1x6	6-channel STM-1 optical interface board	
OIS4x1	1-channel STM-4 optical interface board	
OIS4x2	2-channel STM-4 optical interface board	
BIS1	STM-1 bridge interface board	Serves for STM-1 electrical interface protection. Applicable to ZXMP S330.
ESS1x2	2-channel STM-1 electrical interface switching board	Applicable to ZXMP S330.
EPE1x21 (75)	21-channel E1 electrical processor (75 Ω)	The interface impedance is 75 Ω . Applicable to ZXMP S330.
EPE1x21 (120)	21-channel E1 electrical processor (120 Ω)	The interface impedance is 120 Ω . Applicable to ZXMP S330.
EPT1x21 (100)	21-channel T1 electrical processor (100 Ω)	The interface impedance is 100 Ω . Applicable to ZXMP S330.
EPE1B	21-channel E1/T1 electrical processor	Supports the framing mode. Applicable to ZXMP S330.
BIE1x21	21-channel E1/T1 bridge interface board	<ul style="list-style-type: none"> • Serves for E1/T1 board protection. Inserted in the interface board slot corresponding to the E1/T1 protection board. • Applicable to ZXMP S330.

EPE1x21 (75)	21-channel E1 electrical processor (75 Ω)	The interface impedance is 75 Ω.
		Applicable to ZXMP S330.
EPE1x21 (120)	21-channel E1 electrical processor (120 Ω)	The interface impedance is 120 Ω.
		Applicable to ZXMP S330.
EPT1x21 (100)	21-channel T1 electrical processor (100 Ω)	The interface impedance is 100 Ω.
		Applicable to ZXMP S330.
EPE1B	21-channel E1/T1 electrical processor	Supports the framing mode.
		Applicable to ZXMP S330.
BIE1x21	21-channel E1/T1 bridge interface board	<ul style="list-style-type: none"> Serves for E1/T1 board protection. Inserted in the interface board slot corresponding to the E1/T1 protection board. Applicable to ZXMP S330.
ESE1x21 (75)	21-channel E1 electrical interface switching board (75 Ω)	The interface impedance is 75 Ω.
		Applicable to ZXMP S330.
ESE1x21 (120)	21-channel E1/T1 electrical interface switching board	The interface impedance is 120 Ω or 100 Ω.
	(120 Ω/100 Ω)	Applicable to ZXMP S330.
EP3x3	3-channel E3/T3 electrical processor	Applicable to ZXMP S330.
BIE3x3	3-channel E3/T3 electrical bridge interface board	<ul style="list-style-type: none"> Serves for E3/T3 board protection. Inserted in the interface board slot corresponding to the E3/T3 protection board. Applicable to ZXMP S330.
ESE3x3	3-channel E3/T3 electrical interface switching board	Applicable to ZXMP S330.
SFEx6	Smart fast Ethernet board	<ul style="list-style-type: none"> There are two types of SFEx6 boards corresponding to different encapsulation modes: SFEx6 (PPP) board and SFEx6 (GFP) board. Applicable to ZXMP S330.
SED	Enhanced smart Ethernet board	Applicable to ZXMP S330.
TFEx8	8-channel transparent board of fast Ethernet	

EIFEx4	4-channel electrical interface board of fast Ethernet	Applicable to ZXMP S330.
EIFEx6	6-channel electrical interface board of fast Ethernet	
EITFEx6	6-channel switching board of smart and fast Ethernet	Applicable to ZXMP S330.
BIFE	Bridge interface board of fast Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> ● Serves for SFEx6 board protection. Inserted in the interface board slot corresponding to the SFEx6 protection board. ● Applicable to ZXMP S330.
AP1x4	ATM processor with 4 STM-1 ports	Applicable to ZXMP S330.
RSEB	Ethernet processor with RPR function	Applicable to ZXMP S330.
OA	Optical amplifier	Applicable to ZXMP S330.

Fuente: ZXMP S325 V2 - Hardware Description.

13. ANEXO K.

Integración de Servicios de datos sobre SDH. Protocolo GFP.

Como se mencionó anteriormente, SDH es un protocolo de transporte que integra múltiples servicios, como los protocolos basados en la conmutación de paquetes, brindando seguridad, redundancia, calidad de servicio y capacidades de restauración.

Una de las consideraciones más importante a tomar en cuenta, es que SDH se basa en una estructura de canales con ancho de banda fijo, formada a partir del mapeo de los Contenedores Virtuales de Alto y Bajo Orden, Unidades Tributarias y Administrativas hasta la formación de la trama básica STM-N, con la adición de información de control “Overhead”. Mientras que los protocolos Ethernet e IP, contienen su propia información de control “header”, que unida al paquete de datos forman la trama con longitud variable en base al tipo de red donde se transmita. En este sentido, SDH ha definido tres mecanismos específicos, que solucionan estas diferencias:

- **GFP**¹¹⁰
- **VCAT**¹¹¹
- **LCAS**¹¹²

13.1. K.11.2. GFP.

Se define como un protocolo que permite integrar servicios orientados a la transmisión datos sobre SDH. Este protocolo permite encapsular el tráfico asincrónico de señales, provenientes del cliente y los diferentes formatos de trama, dentro del payload de información de la trama GFP, antes de pasar a la red SDH de forma sincronizada.

13.1.1. K.11.1.1. Estructura de Trama GFP.

Tomando como base a la trama principal GFP, la estructura de la trama, Figura K.87, se forma a partir de dos campos:

¹¹⁰ **Generic Frame Procedure:** Procedimiento de Entramado Genérico.

¹¹¹ **Virtual Concatenation:** Concatenación Virtual

¹¹² **Link Capacity Adjustment Scheme:** Esquema de ajuste de capacidad de enlace.

- 1 Cabecera Principal (Core Header)
- 2 Área de Carga Útil (Payload Area)

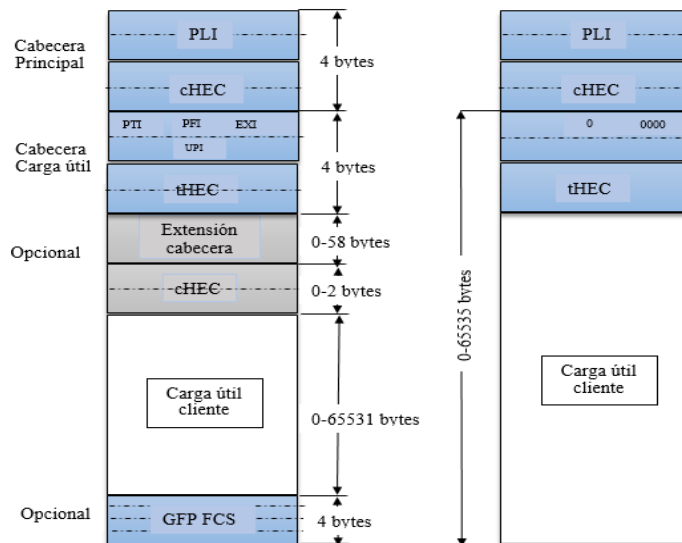


Figura K.201. Estructura de trama GFP.

Fuente: Recomendación ITU-T G.7041/Y.1303

(1) Cabecera Principal.

La Cabecera Principal es una de las partes más importantes dentro de la trama GFP, ya que es la responsable de identificar el inicio y el final de la trama cuando se envía al receptor, sin la necesidad de utilizar los campos de inicio de los protocolos basados en la conmutación de paquetes. Se compone de cuatro bytes distribuidos en los siguientes campos:

PLI (Campo Indicador de longitud de carga útil): se forma con los 2 primeros bytes que indican la longitud de PDU, así como la ubicación de la siguiente trama en el receptor.

cHEC (Cabecera Principal de control de Errores): contiene una secuencia de comprobación de redundancia cíclica CRC-16, que protege el contenido de la cabecera principal.

Por otro lado, el Area de Cabida Útil, se encarga de transportar toda la información de los protocolos de capas superiores, con una longitud variable de 4 a 65535 bytes, formado después del encabezado principal y compuesto de tres partes fundamentales:

(2) Cabecera de carga útil (Payload Header).

Su longitud varía de 4 a 64 bytes, compuestos por dos campos específicos responsables de los procesos de gestión del enlace de datos del cliente.

PTI (Identificador de Tipo de carga útil): se compone de 3 bits, que identifica el tipo de trama: datos del cliente (000) o de gestión de clientes (100). Como indica la Tabla K.32:

Tabla K.101. Tipos identificador de tipo de carga útil y descripción.

PTI	Descripción
000	Trama de datos de cliente
100	Trama de administración de cliente
Otros	Reservado

Fuente: Hill, G. (Vol. 2) (2008).The Cable and Telecommunications Professionals' Reference.

PFI (Indicador de FCS de carga útil): se compone de 1 bit y su función es indicar que existe (PFI=1) o no (PFI=0) el FCS de carga útil, Tabla K.33:

Tabla K.102. Carga útil valores de los indicadores de FCS y descripción.

PFI	Descripción
0	Ausencia de FCS
1	Presencia de FCS

Fuente: Hill, G. (Vol. 2) (2008).The Cable and Telecommunications Professionals' Reference.

EXI type (Identificador de extensión de Encabezado): se compone de 4 bits, identifica el tipo de cabecera GFP. Pueden definirse tres tipos de extensión: nulo, trama lineal o en anillo, En la Tabla K.34, se especifican sus valores de cada byte.

Tabla K.103 . Valores Cabecera de Extensión de identificación y descripción.

EXI	Descripción	Función
0000	Encabezado de extensión nulo	Indica que no está presente un encabezado de extensión.
0001	Encabezado de extensión lineal	Encabezado de extensión de 2 octetos que soporta la compartición de carga útil GFP a través de múltiples clientes en una configuración punto a punto. Es un campo de ocho bits que indica uno de los 256 canales de comunicación en un punto de terminación GFP y un campo reservado para uso futuro.
0010	Encabezado de extensión en anillo	Similar al lineal aplicado en configuraciones tipo anillo.

De 0011 a Reservado
1111

Fuente: Hill, G. (Vol. 2) (2008).The Cable and Telecommunications Professionals' Reference.

UPI (Identificador de carga del usuario): campo de 8 bits identifica el tipo de carga útil de usuario, que se transporta en el campo carga útil de la trama GFP, como se indica en la Tabla K.35:

Tabla K.104. Valores y Descripción Identificador de Usuario.

UPI (hex)	PTI=000 Area de Carga Útil GFP Client Data	PTI=100 Client Management
0x00	Reservado y no está disponible	Reservado y no está disponible
0x01	Mapeo Ethernet	Cliente fallo de señal (Pérdida de señal de cliente)
0x02	Mapeo de trama PPP	Cliente fallo de señal (Pérdida de sincronización Carácter)
0x03	Transparente Fiber Channel	A través 0xFE Reservado para uso futuro
0x04	Transparente FICON	Reservado y no disponible
0x05	Transparente ESCON	
0x06	Transparente Gb Ethernet	
0x07	Reservado para uso futuro	
0x08	Mapeo de trama MAC over SDH	
0x09	Transparente DVB ASI	
0x0A	Mapeo de trama IEEE 802.17	
0x0B	Mapeo de trama Fiber Channel FC-BBW	
0x0C	Asincrónico Transparente Fiber Channel	
0x0D	Mapeo de trama MPLS	
0x0E	Reservado para uso futuro	
0XF0	Reservado para uso propietario	
0xFF	Reservado y no Disponible	

Fuente: Hill, G. (Vol. 2) (2008).The Cable and Telecommunications Professionals' Reference.

tHEC: se compone de dos bytes, su principal función es la de proteger el campo PTI.

Extensión de cabida útil: se compone de 0 a 60 bytes y su utilización es opcional. Compuesto de las siguientes partes:

CID: Identificación de canal se utiliza para identificar el canal de comunicación a un punto de terminación de GFP. Este campo se activa solo si el campo EXI está configurado en forma lineal.

eHEC: es utilizado como protección de la Extensión de cabida útil.

Carga útil: se utilizan para transportar la información real del cliente, con una longitud variable de entre los 0-65535 bytes.

(pFCS) Secuencia de verificación: es utilizado para este campo puede o no estar presente dependiendo del tipo de información, tiene una longitud de 4 bytes.

13.1.2. K.11.1.2. Mapeo GFP.

GFP se clasifica en los siguientes procesos de mapeo:

13.1.2.1. K.11.1.2.1. Mapeo de Trama GFP-F.

Este procedimiento se utiliza para mapear las diferentes aplicaciones de datos que utilizan la conmutación de paquetes, tales como:

- Mapeo de trama Ethernet (incluyendo FE, GbE y 10GbE)
- Mapeo de trama IP
- Mapeo de trama PPP
- Mapeo de trama MPLS
- Mapeo de VLANs

Es decir, que los protocolos de la capa 2 del modelo OSI en adelante, en tramas de tamaño variable son transportados en un solo paso en GFP. A continuación se describe, el proceso de encapsulación de la trama Ethernet sobre SDH, Figura K.88.

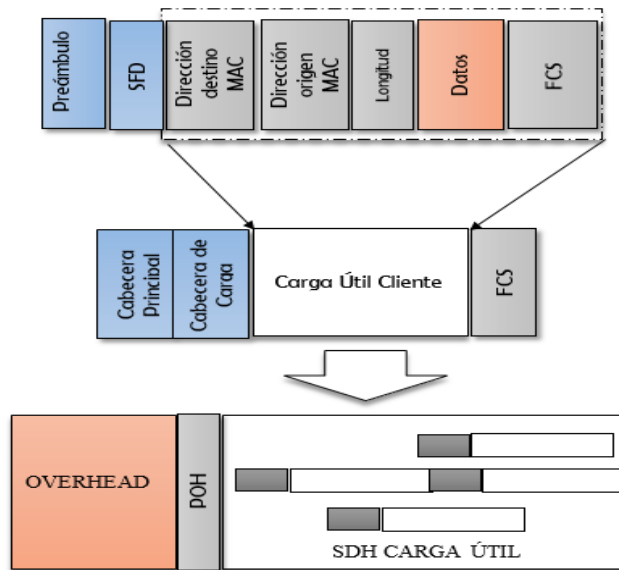


Figura K.202. Trama Ethernet sobre SDH.

Fuente: Helvoort, H. (2009) The ComSoc Guide. Next Generation Optical Transport SDH/SONET/OTN.

13.1.2.2. K.11.1.2.2. Mapeo de Transparencia GFP-T.

El mapeo transparente GFP-T, es utilizado para el transporte de protocolos de datos de banda ancha, conocidos como:

- ESCON¹¹³
- Fiber Channel¹¹⁴
- FICON¹¹⁵

A continuación se detalla una Tabla K.36, con las principales características de los dos campos:

Tabla K.105. Comparación entre GFP-F y GFP-T.

Características soportadas	GFP-F	GFP-T
Transparente a códigos de control de trama	NO	SI
Optimización de Ancho de Banda	SI	NO
Permite la monitorización de canal de trama	SI	NO
Minimiza la latencia de servicios sensibles al retardo	NO	SI
Nivel de Encapsulación de protocolo	Capa 2	Capa 1

¹¹³ Es una tecnología de conmutación punto a punto de entrada y salida que provee transmisión serial de bit bidireccional sobre dos cables de fibra óptica.

¹¹⁴ Tecnología de red utilizada principalmente para redes de almacenamiento, disponible primero a la velocidad de 1 Gbit/s y posteriormente a 2, 4 y 8 Gbit/s.

¹¹⁵ Similar a ESCON pero con algunas modificaciones en cuanto a capacidad.

Permite el canal de transmisión entre varios clientes	SI	SI
Eficiencia	Alta	baja
Optimizada para	Ethernet	SAN, DVB

Fuente: Caballero, J. (2012). Network Synchronization SDH.

13.2. K.11.2. VCAT.

VCAT consiste en dividir los VC en base a la capacidad requerida por un servicio de datos basado en la conmutación de paquetes, con el objetivo de tener una mayor eficiencia al momento de transportar los servicios requeridos por el usuario, como se indica en la Tabla K.37:

Tabla K.106. Capacidad de Concatenación Virtual.

Servicios	Velocidad de transmisión	Concatenación Virtual	Velocidad en Carga útil SDH Mbps	Eficiencia
Ethernet	10 Mbps	VC-12- 5v	(2.715 x 5)=10.875	91.95 %
Fast Ethernet	100 Mbps	VC- 3- 2v	(48.384 x 2)= 96.768	100%
Gigabit Ethernet	1000 Mbps	VC- 4- 7v	(149.76 x 7)=1048.32	95%
ATM	25 Mbps	VC-11-16v	(1.600 x 16)=25.600	98%
FIBER CHANNEL	200 Mbps	VC-3-4v	(48.384 x 4)= 195.536	100%

Fuente: Caballero, J. (2012). Network Synchronization SDH.

VCn-Xv

Dónde:

- VC= Contenedor Virtual
- n= tipo de contenedor
- X (1,2,.....256)= número de contenedores virtuales, para n=3,4.
- X (1,2,....64)= número de contenedores virtuales, para n=11,12, 2.
- v= concatenación virtual

El proceso se inicia con la creación de X veces el número de VC requeridos para transportar una determinada capacidad a través de un canal, conjunto de VC conocidos como VCG¹¹⁶. A continuación el VCG se envía al receptor en forma independiente utilizando cualquier ruta disponible.

¹¹⁶ Grupo de Contenedores Virtuales.

Dicho proceso se lo realiza en los encabezados de trayecto (POH) de los contenedores de alto orden como VC-3 y VC-4, llamados HO-VCAT y los contenedores de orden inferior LO-VCAT, Tabla K.38:

Tabla K.107. Bytes responsables de VCAT.

Descripción	SDH
Trayectoria de alto orden	H4
Trayectoria de bajo orden	K4

Fuente: Caballero, J. (2012). Network Synchronization SDH.

Debido a que los miembros de un VCG pueden viajar a través de la red en diferentes trayectorias, no implica que todos los miembros lleguen al puerto de destino al mismo tiempo. Para eliminar este retraso diferencial y garantizar la integridad de todos los miembros en VCG, VCAT cuenta con dos parámetros específicos que facilitan estas diferencias, el MFI¹¹⁷ y SQ¹¹⁸.

El MFI puede detectar retrasos diferenciales entre miembros del VCG y compensarlos hasta 512 ms. Los parámetros que describen el contador de trama y el número de secuencia están resumidos en la siguiente, Tabla K.39.

Tabla K.108. Secuencias de conteo de MFI SQ.

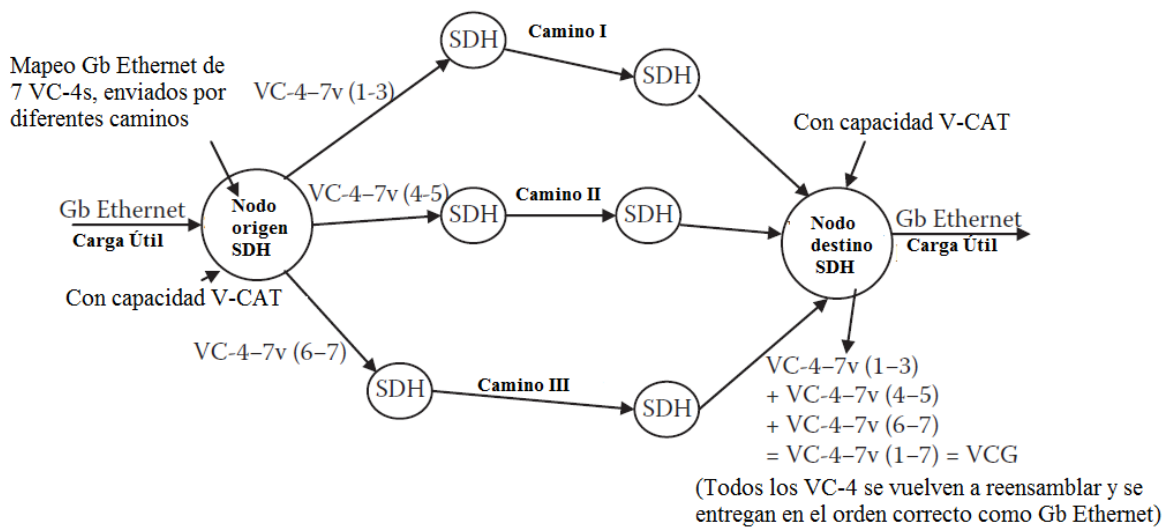
	Numero de tramas	Numero de secuencia
HO-VCAT	0-4095	0-255
LO-VCAT	0-4095	0-63

Fuente: Caballero, J. (2012). Network Synchronization SDH.

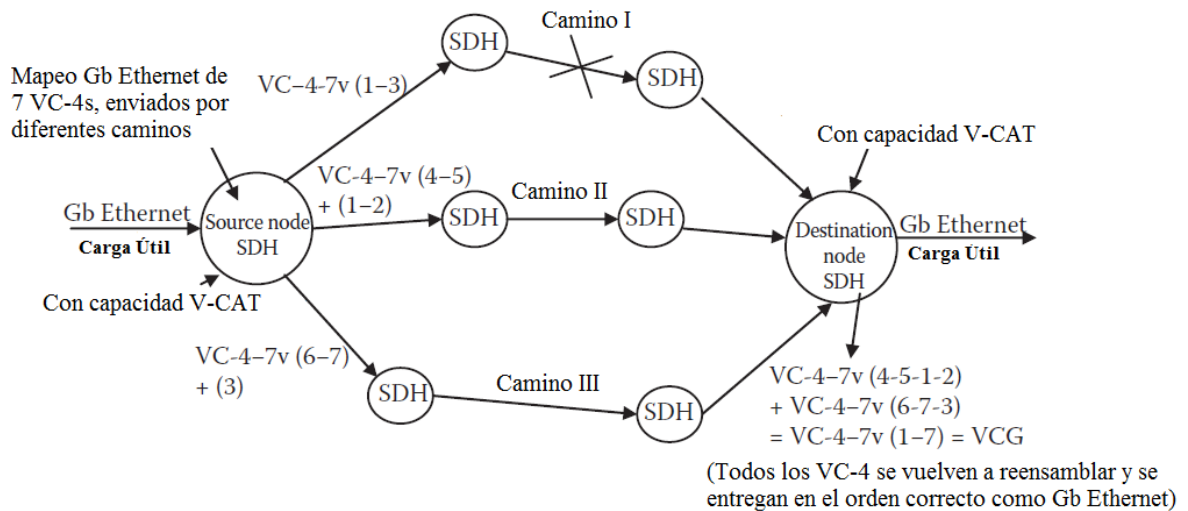
Finalmente, se en la Figura K.89, se describe el principio de funcionamiento de la VCAT:

¹¹⁷ **Multiframe Indicator:** Indicador de Multitrama

¹¹⁸ **Sequence:** Numero de secuencia.



(a)



(b)

Figura K.203. Contenedores Virtuales Individuales del VCG conmutados a caminos diferentes. (b)

Contenedores Virtuales Individuales del VCG conmutados a caminos diferentes, cuando un enlace falla entra en funcionamiento LCAS.

Fuente: Fuente: Caballero, J. (2012). Network Synchronization SDH.

13.3. K.11.3. LCAS.

Este mecanismo permite añadir o reducir la capacidad del enlace, producido por los contenedores virtuales, sin detener la transmisión, Figura. K.90 (b).

Una vez establecido todas las consideraciones de GFP y sus mecanismos de encapsulación de tráfico en forma dinámica. Se establece la forma de conexión dentro de una red SDH, Figura K.90.

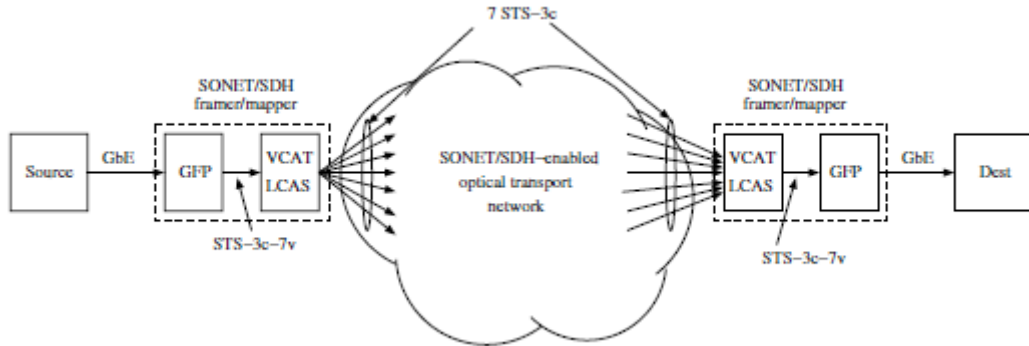


Figura K.204. Concatenación Virtual de GbE.

Fuente: Fuente: Kumar, R. (2013) Principios de Jerarquía Digital Sincrónica.

14. ANEXO L.

Cálculo de Capacidad de Transmisión de Servicios.

14.1. L.12.1. Consideraciones para el Cálculo de la Capacidad de Transmisión del servicio de datos:

(a) En la primera Ec.1, se realiza el cálculo del número de tramas, antes del proceso de encapsulación:

$$\text{No. tramas} = \frac{\text{tamaño del registro (bytes)}}{\text{MSS Ethernet(bytes)}} \quad (\text{Ec. 1})$$

(b) Para establecer este cálculo es necesario determinar el MSS, para evitar que los paquetes de datos sobrepasen el valor de la MTU de la trama Ethernet, mediante la Ec.2 se calcula este valor:

$$\text{MSS Ethernet} = \text{MTU} - \text{cabecera TCP} - \text{cabecera IPv4} \quad (\text{Ec. 2})$$

(c) Una vez que se reemplazan los valores, se conoce el número de tramas o paquetes que se van a transmitir a través de la red, junto con el valor restante de la trama, por medio de la Ec. 3:

$$(\text{VRT}) = \text{nivel de compresión cuadro} - (\text{No. de trama} \times \text{MSS}) \quad (\text{Ec. 3})$$

(d) Conociendo el valor del número de tramas, el siguiente paso es calcular la Sobrecarga_{total en la trama}, expresado en la Ec.4:

$$\text{Sobrecarga total en la trama} = \text{No. tramas reales} \times \text{sobrecarga de encapsulamiento} \quad (\text{Ec. 4})$$

(e) Para conocer el valor de la Sobrecarga de encapsulamiento necesario para obtener el valor de la Ec. 4, se suman las cabeceras adicionales de la capa de enlace Ethernet, más las cabeceras de transporte y red, como se indica en la Ec.5:

$$\text{Sobrecarga de encapsulamiento} = \text{cabecera capa enlace} + \text{cabecera TCP} + \text{cabecera IPv} \quad (\text{Ec. 5})$$

- (f) Para finalizar se considera la sobrecarga total en la trama, más el tamaño total del registro, para obtener la Capacidad de transmisión total del registro, en la red:

$$\mathbf{Cap.tx \ del \ registro} = \mathbf{tamaño \ del \ registro} + \mathbf{Sobrecarga \ total \ en \ la \ trama} \quad \mathbf{(Ec. 6)}$$

14.2. L.12.2. Consideraciones para el Cálculo de la capacidad de Transmisión del servicio de video vigilancia.

Para establecer la capacidad de transmisión requerida en un sistema de video vigilancia, se consideran aspectos importantes que se han descrito a lo largo de este capítulo, y que se resumen en las siguientes características:

En la primera Ecuación, se considera características importantes como:

- **Resolución de la cámara** (píxeles) = *Ancho x Alto*.
- **Profundidad de color utilizado** = *Bit de profundidad de color*.
- **Cantidad de cuadros por segundo** = *fps*.
- **Factor de compresión** de la imágenes de video (en base al formato de compresión que se utilice) = *Nivel de compresión*.

Una vez que se establece estas consideraciones el proceso de cálculo, se muestra a partir de los siguientes procesos:

14.2.1. L.12.2.1. Proceso de Cálculo de la Capacidad de Transmisión del servicio de video.

- (a) En la primera Ec.1, se realiza el cálculo del número de tramas, antes del proceso de encapsulación que se determinó en el Anexo G:

$$\mathbf{No. \ tramas} = \frac{\mathbf{Nivel \ de \ compresión \ de \ cuadro \ (bytes)}}{\mathbf{MSS \ Ethernet \ (bytes)}} \quad \mathbf{(Ec. \ 1)}$$

- (b) Para establecer este cálculo es necesario determinar el MSS, para evitar que los paquetes de datos sobrepasen el valor de la MTU de la trama Ethernet, mediante la Ec.2 se calcula este valor:

$$\mathbf{MSS\ Ethernet = MTU - cabecera\ TCP - cabecera\ IPv4} \quad \mathbf{(Ec.\ 2)}$$

- (c) Una vez que se reemplazan los valores, se conoce el numero de tramas o paquetes que se van a transmitir a traves de la red, junto con el valor restante de la trama, por medio de la Ec. 3 se establece este valor restante:

$$\mathbf{(VRT) = nivel\ de\ compresion\ cuadro - (No.\ de\ trama\ x\ MSS)} \quad \mathbf{(Ec.\ 3)}$$

- (d) Conociendo el valor del numero de tramas, el siguiente paso es calcular la Sobrecarga_{total en la trama}, expresado en la Ec.4:

$$\mathbf{Sobrecarga\ total\ en\ la\ trama = No.\ tramas\ reales\ x\ sobrecarga\ de\ encapsulamiento} \quad \mathbf{(Ec.\ 4)}$$

- (e) Para conocer el valor de la Sobrecarga de encapsulamiento, necesario para obtener el valor de la Ec. 4, se suman las cabeceras adicionales de la capa de enlace Ethernet, mas las cabeceras de transporte y de red, como se indica en la Ec.5:

$$\mathbf{Sobrecarga\ de\ encapsulamiento = cabecera\ capa\ enlace + cabecera\ TCP + cabecera\ IPv} \quad \mathbf{(Ec.\ 5)}$$

- (f) La Ec.6, se determina el tamaño total de un cuadro, a transmitirse:

$$\mathbf{Tamaño\ total\ de\ un\ cuadro = Nivel\ de\ compresión\ cuadro + Sobrecarga\ total\ en\ la\ trama} \quad \mathbf{(Ec.6)}$$

- (g) Finalmente para determinar, la Capacidad de transmisión, es necesario conocer el valor de la Ec. 6, más los fps a los que se reproduce una imagen, este proceso lo calcula a través:

$$\mathbf{Cap.tx = Tamaño\ total\ de\ un\ cuadro\ x\ fps} \quad \mathbf{(Ec.7)}$$

14.3. L.12.3. Calculo de la Capacidad de Transmisión del servicio de Voz:

Tomando en cuenta las consideraciones de la Tabla, se determina la capacidad del canal que se necesita para transmitir los paquetes de Voz sobre IP:

$$Cap.tx = (Tamaño\ paquete + cab.RTP + cab.UDP + cab.IP + cab.Enlace) \times 8 \times pps \quad (Ec.1)$$

15. M.13.Configuración de Servicios EoS.

El proceso de creación de estos servicios se divide en 2 pasos, el primero es la encapsulación de un determinado servicio Ethernet usando el protocolo GFP sobre un contenedor virtual (VC-12, VC-3 o VC-4) y finalmente se procede con la creación de la ruta manual o automática para la transmisión SDH. A continuación se analiza los procesos indicados.

15.1. M.13.1. Encapsulación GFP para servicios Ethernet.

Para este análisis tomaremos las características de la tarjeta EFS8 del equipamiento SDH Huawei, en el cual nos indica los siguientes parámetros, Tabla M.40:

Tabla M.109. Funciones y Características que soporta EFS8.

Función y Configuración.	Tarjeta
Ancho de banda máximo upstream	4 x VC-4.
VCTRUNK	Número de VCTRUNKs soportados: 4 Principios de configuración son los siguientes: <ol style="list-style-type: none"> a. Un VCTRUNK se puede enlazar con caminos VC-12 o caminos VC-3. Un NE se puede configurar con un máximo de 3xVC-3 + 63xVC-12 o 12xVC-3. b. Cuando los caminos VC-12 son unidos, VCTRUNKs 1-4 se puede enlazar solamente con VC4-4. c. Cuando caminos VC-3son unidos, VCTRUNKs 1-4 se puede enlazar con VC4-1 a VC4-4.

Fuente: OptiX-OSN-550-Hardware-Description-V100R006

En base a este detalle se puede verificar que la tarjeta posee una capacidad de procesamiento de máximo 4 VC4 (VC4-1, VC4-2, VC4-3 y VC4-4) si se desea crear un servicio VC-12, se puede utilizar cualquier VCTRUNK pero únicamente se debe enrutar este tráfico al VC4-4. Si el servicio a crear presenta una capacidad VC-3, este puede ser utilizado en cualquier VCTRUNK concatenado a cualquier VC4 1-4 disponible.

Tomando como ejemplo un servicio VC-12 (2 Mbps) entre un sitio A y B, la configuración del sitio A se especifica a continuación, para el sitio B puede tener la misma configuración o puede variar los contenedores dependiente a la disponibilidad de los recursos en ese sitio. La Figura M.91, demuestra esta descripción:

- a. Tarjeta EFS8 - Puerto 1, en este paso se indica que el servicio Ethernet del cliente se conecta en el puerto 1 de la tarjeta EFS8 de forma física.

- b. Contenedor virtual VCTRUNK 3, concatenado en el VC12-3 del VC4-4, en este paso se procede a la configuración lógica en el equipo, seleccionando el contenedor virtual VCTRUNK 3, en el cual se concatena el VC12 número 3 del VC4-4, considerar que cada VC4 dispone de 63 VC12 (VC12-1, VC12-2... VC12-63), para este ejemplo se selecciona el VC12-3.

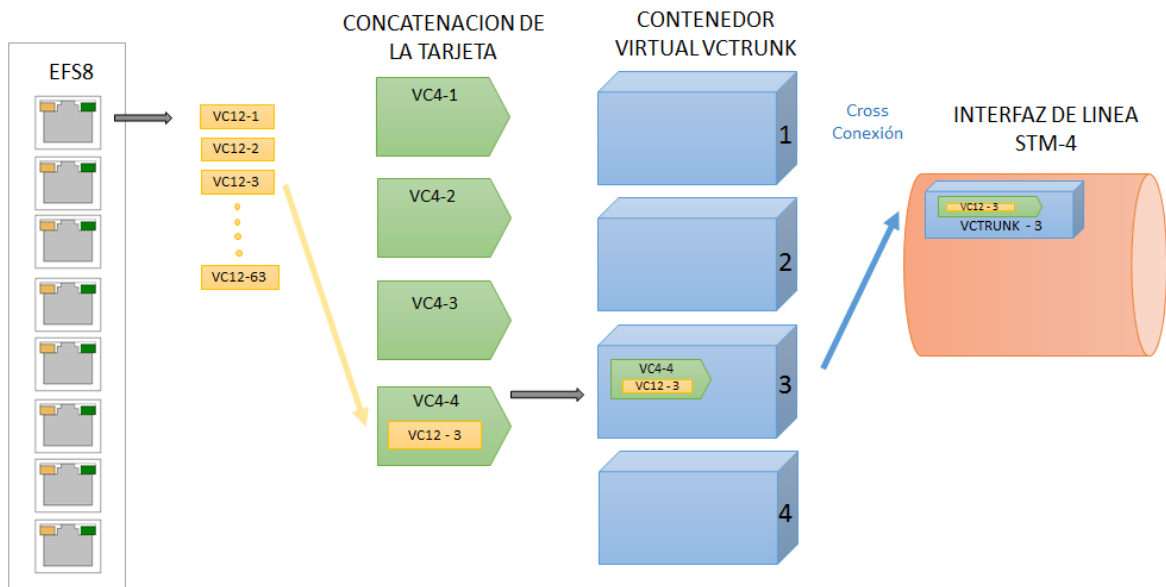


Figura M.205. Ejemplo de Concatenación Virtual de servicios.

Fuente: Propia

15.2. M.13.2. Ruta de Transmisión SDH.

Posterior a la concatenación virtual de los servicios se procede a la transmisión SDH a través de las cross conexiones lógicas entre las tarjetas receptoras del servicio y las tarjetas de línea, continuando con el ejemplo antes indicado, Figura M.92, se utiliza la tarjeta de línea CLX4 (Tarjeta que posee un puerto STM-4), el diagrama lógico de cross conexión es el siguiente:

- a. Cros Conexión en sitio A, en este paso se crea un servicio SDH entre la tarjeta EFS8: VC4-4, VC12-3 como fuente hacia la tarjeta CXL4: VC4-2 VC12-3, de esta forma se habilita la transmisión de este servicio al lado remoto B.

- b. Cros Conexión en sitio B, en base al diagrama inferior, las cross conexiones serian de la siguiente manera, Fuente ser servicio tarjeta CXL4 VC4-2, VC12-3 hacia la tarjeta EFS0, VC4-4 VC12-3. Posteriormente se realizaría la concatenación virtual a través del procedimiento indicado en el ítem 1 “Encapsulación GFP para servicios Ethernet” en el cual se utilizara el contenedor virtual VCTRUNK 1, VC4-4, VC12-3 y terminara el servicio en el puerto 3 de la tarjeta EFS8.

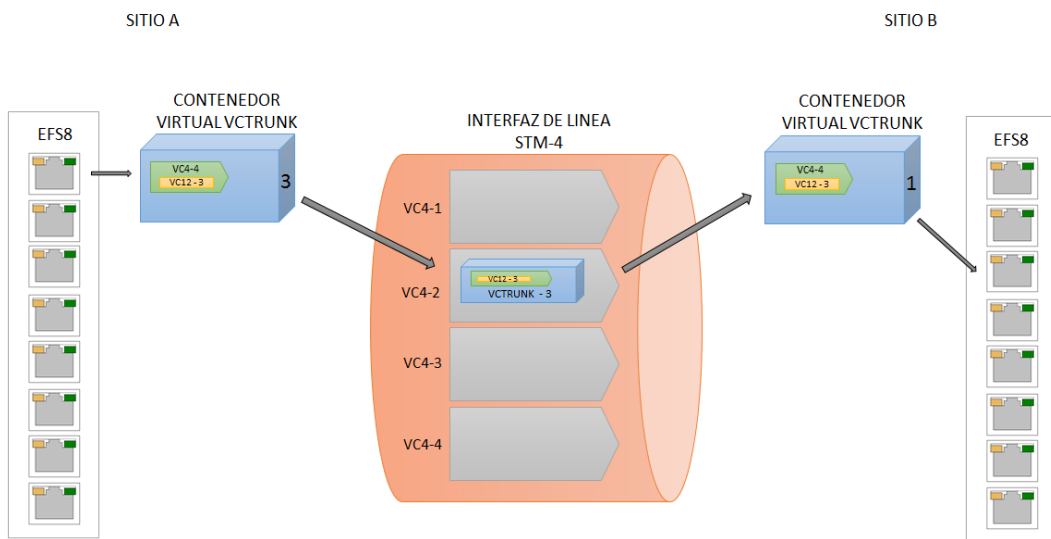


Figura M.206. Transmisión de Servicios a Nivel STM-4.

Fuente. Propia

16. Bibliografía de Ecuaciones.

- **Disponibilidad de Servicio:**
Ingeniería de Confiabilidad. (2004). Acuña, J. Tecnológica de Costa Rica.
- **Tamaño máximo del segmento (MSS):**
Opciones TCP y tamaño máximo de segmento (MSS). (2012). Recuperado de:
<https://tools.ietf.org/html/rfc6691>.
- **Numero de Tramas, Tamaño Máximo del segmento TCP (MSS).**
Starvroulakis.P. (2003). Reliability, survivability and quality of large scale Telecommunication Systems.
- **Valor Restante de la Trama (VRT)**
Cameron.R. (2010). Seguridad Junos.
- **Sobrecarga de encapsulamiento**
Wallace.K. (2011). Unified Communications Voice over IP and QoS.
- **Tamaño Total de un Cuadro**
Follansbee .J (2012). An Introduction to Delivering On-Demand Media
- **Cap.tx de servicio de voz**
Wallace, K. (2011). Implementing Cisco Communications Voice over IP.

