

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



RED DE TRANSPORTE IP PARA ENLACE ESTUDIO - PLANTA TRANSMISORA PARA LA TDT MEDIANTE FIBRA ÓPTICA Y BACKUP DE MICROONDAS

INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

**PRESENTADO POR:
DIEGO EMERSON VELÁSQUEZ ARGOMEDO**

**PROMOCIÓN
2010-II**

**LIMA-PERÚ
2014**

**RED DE TRANSPORTE IP PARA ENLACE ESTUDIO - PLANTA
TRANSMISORA PARA LA TDT MEDIANTE FIBRA ÓPTICA Y
BACKUP DE MICROONDAS**

DEDICATORIA:

A Dios por ser él que guía mi vida.

A mis padres y hermanos por todo su amor y por creer siempre en mí.

A mi Hijo, por ser el motivo para mejorar cada día.

A mí siempre querida Alma Mater.

SUMARIO

En este informe se expone el estado actual de la Televisión Digital Terrestre (TDT) en el Perú, luego de la adopción de la norma ISDB-Tb (Radiodifusión Digital de Servicios Integrados – Terrestre Brasileño), continuando con una descripción del plan de despliegue desarrollada por el Ministerio de Transporte Comunicaciones del Perú.

Luego se explica las necesidades actuales de un enlace de transporte de un estudio de televisión y la planta trasmisora en la televisión digital de Lima; esto se realiza a través del cálculo de la tasa de transferencia binaria necesaria para la reproducción de: dos canales de la televisión digital de alta resolución, audio, un canal de televisión portátil (One Seg) y datos para la interactividad del televidente.

Luego se propone como alternativa de enlace de transporte de televisión digital, el uso de la fibra óptica como enlace principal y de las microondas como enlace redundante en caso de fallas del enlace principal. En Segundo se realiza los cálculos y consideraciones necesarias para determinar en primer lugar: el tipo de fibra óptica a usar, tipo de ducto, tipo de canalizado, longitud de onda para la propagación y niveles de potencia, para la implementación del enlace de fibra óptica, y en segundo lugar se determina: la frecuencia, tipo de modulación, dimensiones físicas de las antenas y niveles de potencia para la implementación del enlace microondas.

Finalmente se propone el uso de equipos disponibles en el mercado, para los enlaces. Además se realiza una estimación de la inversión en los equipos y servicios necesarios para la implementación de ambos enlaces de transporte.

INDICE

SUMARIO	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
ANÁLISIS DEL PROBLEMA	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Descripción del problema	3
1.3 Objetivo del trabajo.....	3
1.4 Evaluación del problema	4
1.5 Alcances del trabajo.....	5
1.6 Síntesis del trabajo	5
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
2.1 Trasmisión de datos digitales	6
2.2 Fundamentos básicos de digitalización de audio	6
2.2.1 Digitalización de la señal de audio	6
2.2.2 Teorema de Nyquist-Shannon.....	8
2.2.3 Cuantificación.....	8
2.2.4 Codificación de una señal en código binario.....	9
2.3 Digitalización de la imagen en movimiento: televisión y video digital.	9
2.3.1 Principios del color en la televisión	10
2.3.2 La imagen y su relación con el pixel	10
2.3.3 Resoluciones para televisión digital:	10
2.4 Técnicas de compresión.....	12
2.4.1 Tipos de compresión	12

2.4.2	Trasformación discreta de coseno (DTC)	13
2.4.3	Compresión por Intra-Frame	14
2.4.4	Compresión por Inter-Frame	16
2.5	Normas de compresión MPEG	18
2.5.1	MPEG-1	18
2.5.2	MPEG-2	18
2.5.3	MPEG-4	19
2.6	Sistema de comunicaciones de alta velocidad de datos	19
2.6.1	Aspectos fundamentales de un enlace microondas	19
2.6.2	Aspectos fundamentales de un enlace de fibra óptica	20
2.7	Tecnologías de networking y protocolos orientados a transmisiones en tiempo real	22
2.7.1	Protocolo TCP/IP	223
2.7.2	Protocolo de transporte TCP	24
2.7.3	Protocolo de transporte UDP	25
2.7.4	Redes virtuales VLANs	25
CAPÍTULO III		
PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN		
3.1	Justificación de un enlace de fibra óptica y un radio enlaces de microondas como medios de transporte	28
3.2	Entorno de aplicación del enlace de transporte como SLT de un estudio de televisión digital	29
3.3	Determinación de las necesidades	29
3.4	Determinación del tráfico en un SLT usando MPEG-4 AVC	31
3.4.1	Codificación de video MPEG-2	32
3.4.2	Codificación de audio MPEG-2 AAC	35
3.4.3	Norma AAC de bajo atraso	36
3.4.4	Norma MPEG-4 en la televisión digital	36
3.5	Propuesta para el enlace de fibra óptica	37
3.5.1	Planificación del enlace de fibra óptica	38

3.5.2 Cálculo de los niveles de transmisión y recepción	47
3.5.3 Cálculo del ancho de banda disponible.....	48
3.6 Propuesta para el enlace de microondas.....	51
3.6.1 Cálculo de la visibilidad	51
3.6.2 Cálculo de la potencia de recepción	52
3.6.3 Indisponibilidad por lluvia.....	57
3.6.4 Calculo del ancho de banda y asignación de frecuencia.....	59
3.6.5 Disponibilidad del enlace.....	59
3.6.6 Calidad	60
3.7 Equipos para el procesamiento del TS y RF.....	60
3.7.1 Micrófonos de audio para estudio de televisión	60
3.7.2 Consola de audio para estudio de televisión	61
3.7.3 Cámara digital para estudio de televisión	63
3.7.4 Software de monitoreo de multivista	64
3.7.5 Adaptador de red MPEG2-TS sobre IP.....	66
3.8 Instalación y diagrama de equipos.....	68
CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	69
4.1 Definición de CAPEX	69
4.1.1 Bienes Importados.....	69
4.1.2 Bienes locales.....	69
4.1.3 Servicios de instalación	70
4.2 Definición de OPEX	70
4.3 Cálculo del CAPEX y OPEX.....	71
4.3.1 Cálculo del CAPEX.....	71
4.3.2 Cálculo del OPEX	73
4.4 Diagrama de GANTT	73
4.4.1 Elaboración del diagrama de Gantt para los enlaces de transporte.....	73
CONCLUSIONES	75

BIBLIOGRAFÍA.....	76
ANEXO A	
GLOSARIO DE TERMINOS	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Muestreo de una señal continua.....	7
Figura 2.2 Muestreo de una señal.....	8
Figura 2.3 Colores primarios de una imagen.....	10
Figura 2.4 Comparación de resolución de la televisión.....	11
Figura 2.5 Componentes cromáticos de una imagen.....	11
Figura 2.6 Transformación DTC de una imagen.....	13
Figura 2.7 Niveles de coeficientes en DTC.....	13
Figura 2.8 Transformación de coeficientes.....	14
Figura 2.9 Tabla de cuantización.....	15
Figura 2.10 Escaneo Zigzag.....	15
Figura 2.11 Diagrama de compresión de imágenes.....	16
Figura 2.12 Correlación temporal de una imagen.....	16
Figura 2.13 Tipos de cuadros de la televisión digital.....	17
Figura 2.14 Comparación de cuadros consecutivos.....	17
Figura 2.15 Diferencia de fotogramas.....	18
Figura 2.16 LAN tradicional.....	26
Figura 2.17 LAN virtual – VLAN.....	26
Figura 3.1 Red de transporte de un radiodifusor de televisión digital.....	29
Figura 3.2 Servicios atractivos de ISDB-T.....	30
Figura 3.3 Eficiencia de uso del ancho de banda.....	31
Figura 3.4 Matrices de coeficientes.....	33
Figura 3.5 Predicción de cuadros.....	34
Figura 3.6 Paquete MPEG-2 de 188 Bytes.....	34
Figura 3.7 Ubicación del estudio de televisión y la estación transmisora.....	37

Figura 3.8 Recorrido del microcanalizado de fibra óptica	40
Figura 3.9 a) Esquema de instalación de cable en microzanjas; b) Realización de una microzanja; c) Aspecto final tras el proceso de rellenado	40
Figura 3.10 Sección de microcable de 12 Hilos	41
Figura 3.11 Pigtail de fibra monomodo LC/UPC	42
Figura 3.12 Microducto SPC 12 mm.....	43
Figura 3.13 Realización de una microzanja en una superficie de asfalto	45
Figura 3.14 Distancia del recorrido del microcanalizado de fibra óptica	45
Figura 3.15 Microducto SPC 12 mm.....	46
Figura 3.16 a) Cortado de microzanjas; b) Instalación de microducto; c) Relleno de microzanjas; d) Soplado de fibra.	46
Figura 3.17 Sección de regeneración y distribución de potencia	47
Figura 3.18 SFP para un alcance de 20 km MRV.	49
Figura 3.19 Línea a de vista para el enlace microondas	52
Figura. 3.20 Simulación del enlace transporte de microondas	52
Figura 3.21 Formula de atenuación en el espacio libre	53
Figura 3.22 MPR 9500	54
Figura 3.23 Coupler instalado con ODU.....	55
Figura 3.24 Dirección IP de una radio MPR 9500 ALCATEL-LUCENT.....	56
Figura 3.25 Configuración de VLAN mediante el NETO	56
Figura 3.26 Pantalla de configuración de ODU en el NETO.....	57
Figura 3.27 Micrófono, AUDIO-TECHNICA AT8035	61
Figura 3.28 Consola de audio, Digital Mixer Behringer	62
Figura 3.29 Amplificador de audio, Behringer-Europower	63
Figura 3.30 Cámara, JVC GY-HMZIU PROHD 3D	63
Figura 3.31 Software de monitoreo Multivista	64
Figura 3.32 Codificador HD, SD, ONE-SEG, Z3 MVE-20.....	65
Figura 3.33 Adaptador de red FastCaster	66
Figura 3.34 Modulador y transmisor UHF, DTX-1200	67

Figura 3.35 Esquema del SLT 68

Figura 4.1 Diagrama de Gantt para los enlaces SLT 74

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1 Plan Maestro de Implementación de la TDT en el Perú	3
Tabla N° 2.2 Comparación de Detectores ópticos	22
Tabla N° 3.1 Ejemplo de aplicación de la norma H.264.....	37
Tabla N° 3.2 Características mecánicas – ópticas de la microfibra.....	42
Tabla N° 3.3 Características ópticas del pigtail CORNING.....	43
Tabla N° 3.4 Características ópticas del conector CORNING	43
Tabla N° 3.5 Especificaciones del SPC 12mm TeraSpam	44
Tabla N° 3.6 Especificaciones generales del SFP MRV para 20 km.....	50
Tabla N° 3.7 Especificaciones ópticas del SFP MRV para 20 km.....	50
Tabla N° 3.8 Cálculo de la atenuación en el espacio libre.....	53
Tabla N° 3.9 Características de transmisión del MPR 9500.....	55
Tabla N° 3.10 Coeficientes de regresión para estimar la atenuación específica	68
Tabla N° 3.11 Especificaciones de AUDIO-TECHNICA. AT8035.....	61
Tabla N° 3.12 Especificaciones del Behringer. Digital Mixer X3. 2013.	62
Tabla N° 3.13 Especificaciones técnicas del JVC GY-HMZIU PROHD 3D.....	63
Tabla N° 3.14 Especificaciones técnicas del Z3 MVE-20	65
Tabla N° 3.15 Especificaciones técnicas del DXT-120	67
Tabla N° 4.1 Precios y cantidades de los equipos y materiales para los enlaces.....	71
Tabla N° 4.2 Precios de los servicios de instalación para los enlaces.....	72
Tabla N° 4.3 Costo por tasa de transferencia	73
Tabla N° 4.4 Cuadro de plazos para los enlaces SLT	74

INTRODUCCIÓN

En el campo de las telecomunicaciones se ha venido experimentando grandes avances y en un medio como la televisión, que convencionalmente ha sido usado como un medio de difusión, reciente mente se está ubicando al usuario en un papel protagónico al permitirle establecer una comunicación con las televisoras, lo cual cobrado gran interés a nivel mundial ya que esto permite ampliar los límites de la publicidad y por ende la comercialización.

La televisión digital terrestre ha presentado una serie de mejoras técnicas respecto a la televisión analógica tradicional, como, obtener imágenes con una notable nitidez, sonidos con mayor calidad, pero además de ello cambia el estado pasivo un usuario de televisión, permitiéndole personalizar los servicios ofrecidos como la programación, además de ello cabe resaltar su alcance en movilidad y portabilidad, llegando a los usuarios mediante teléfonos celulares o televisiones instalados en vehículos en movimiento.

Después de aproximadamente tres años y medio de adoptar la norma japonés-brasileño, ISDB-Tb, para la televisión digital en el Perú. Se han venido siguiendo un plan maestro desarrollado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, en la cual se continuara con la instalación de 14 estaciones trasmisoras en el Perú, ocho de las cuales se ubicaran en el Territorio 1 (Lima y Callao) y seis en el Territorio 2 (Arequipa, Cuzco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo). Esto nos exige la necesidad de contar con un sistema de transporte y de acceso con rutas personalizadas para cada uno de los miles de usuarios. Y mejorar aún más las condiciones de transporte para la Televisión digital que actualmente se viene dando por un enlace satelital.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Durante esta capítulo se comparara, la situación de la implementación de la TDT (Televisión Digital Terrestre nacional) y la que se vive a nivel internacional, con el fin de realizar un apreciación más objetiva del presente informe.

1.1 Antecedentes

En el Perú el estado a ha venido tomado medidas, para la evaluación del estándar más favorable para el despliegue del servicio de radiodifusión de la televisión digital nacional, y ha tenido como resultado la adopción de la norma japonesa brasileña; luego el 24 de agosto de 2009 se constituyó la comisión multisectorial temporal encargada de formular las recomendaciones para el plan maestro de implementación de la televisión digital. El 11 de agosto de ese mismo año, dicha comisión presento su informe final al ministerio de transportes y comunicaciones, el cual contenía las recomendaciones para el cronograma, financiamiento y difusión de la televisión digital. Sin embargo este plan maestro no fue aprobando sino hasta el 29 de marzo del año 2010. Desde entonces el gobierno ha tratado de seguir este plan previamente realizando una modificación en el plan de canalización y asignado frecuencias del servicio de radio difusión por televisión en UHF (Ultra-Alta Frecuencia) en Lima, a fin de incluir los canales disponibles para televisión digital.[1][35]

Como parte de su Plan Maestro el estado peruano en coordinación con los representantes de los estándares de televisión digital, organizo las distintas propuestas para la adopción del estándar adecuado. Posteriormente el primer estudio de televisión en transmitir la señal de video digital fue IRPT (Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú), seguidamente ATV (Andina de Televisión) realizo el lanzamiento de la señal digital.[1][35]

Según los planes propuestos por el estado, la implementación de la televisión digital en el Perú se realizara de manera progresiva en 4 territorios, esto se muestra en la tabla N°1.1, en los cuales luego de una determinada fecha se realizara el apagón analógico. La correcta ejecución del Plan Maestro del estado, conlleva a tomar medidas necesarias tanto en el aspecto técnico como en el político.[1][35]

Tabla N° 1.1 Plan Maestro de Implementación de la TDT en el Perú

Territorio	Localidades	Plazo máximo para aprobar	Plazo máximo para iniciar Trasmisiones digitales	Plazo máximo para el fin de las Trasmisiones digitales
		Planes de Canalización		
1	Lima y Callao	II Trimestre 2010	III Trimestre 2014	III Trimestre 2020
2	Arequipa, Cuzco Chiclayo, Piura y Huancayo	I Trimestre 2011	III Trimestre 2016	IV Trimestre 2022
3	Ayacucho, Chimbote, Iquitos, Juliaca, Ica, Pucallpa, Puno y Tacna	IV Trimestre 2011	IV Trimestre 2018	IV Trimestre 2024
4	Demás Localidades	I Trimestre 2013	I Trimestre 2014	Indefinido

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones – Perú.[1]

Si bien es cierto, en Lima a la fecha aún son solo tres emisoras las que transmiten señal digital: TV Perú, ATV (que tiene los derechos de transmisión del mundial) y América Televisión, sin embargo en unos pocos años a estas se sumaran el resto de emisoras.

1.2 Descripción del problema

A nivel internacional la implementación de estudios de televisión, redes de transporte y redes de acceso para la tv digital, ha sido motivo de muchos estudios, desarrollándose cada vez muchas mejoras en todos sus niveles, permitiendo desaparecer los límites entre las operadoras de televisión, de telefonía móvil o fija y las operadoras de tv paga, lo cual nos lleva a una integración de servicios convergentes, en la cual se estimarían parámetros por cada tipo de servicio y cliente, además de desplegar una red capaz de soportar altas velocidades de transferencia y menores niveles de retardos.

Otro punto importante es la limitación en la cobertura como es el caso de Lima; es claro la existencia de zonas donde aún no hay cobertura. Tratar de solucionar esta carencia, pasa por la necesidad de implementar una repetidora o un nuevo enlace de transporte como un enlace microondas o uno satelital.

Este informe pretende exponer la parte de transporte del estudio de televisión hacia su planta transmisora que cumpla con las características requeridas en el Perú, en un futuro no muy lejano.

1.3 Objetivo del trabajo

El objetivo de este informe es dar a conocer una propuesta útil de un SLT (Enlace Estudio Planta Transmisora) para la televisión digital, que permita soportar actuales y futuras prestaciones de los servicios que ya existentes en la televisión digital, las cuales ya se vienen implementado en otras partes del mundo. Para ello se describirá de manera

detallada las necesidades de transporte en cuanto a su tasa de transferencia y disponibilidad. Para ello se abordaran los detalles que permitan resolver las características de trasmisión, para el enlace microondas y las características para el despliegue de planta externa correspondiente al enlace de fibra óptica, teniendo como objetivo principal minimizar los costos, respetando los requerimientos para el correcto funcionamiento de los enlaces.

Los cálculos y estimaciones se realizaran tomando como datos una ubicación definida para la el estudio de televisión y otra para su planta transmisora, las cuales serán tomadas solo a modo de ejemplo.

Finalmente realizara además un cálculo del costo de los equipos, materiales y servicios implicados en la implementación de ambos enlaces.

1.4 Evaluación del problema

Luego de la aprobación del plan maestro en el año 2010, se ha venido desplegando en el Perú, la norma ISDB-Tb (Radiodifusión Digital de Servicios Integrados – Terrestre Brasileño) mediante enlaces satelitales para un estudio de televisión hacia su planta transmisora. El presente informe se enfocara en proponer una mejora los enlaces de transporte de las empresas de radiodifusión de televisión digital, proponiendo como medio físico un enlace de fibra óptica y un enlace de microondas como backup; incluyendo además el uso de la norma televisión digital japonesa-brasileña, el cual es considerado un derivado de la norma DVB-T (Radiodifusión de Video Digital Terrestre). Entre las mejoras destacadas del ISDB-Tb con respecto a DVB-T, se menciona:[29][32]

- El *entrelazado* el cual con su mayor profundidad permite una adecuada performance en la recepción en los dispositivos móviles.
- Su tecnología clave, llamada Transmisión por Ancho de banda Segmentado (BST-Band Segmented Transmission) de la señal OFDM (Multiplexado ortogonal por división de frecuencia), más conocida como Tecnología BST- OFDM, dándole a la norma Japonesa- Brasileña la capacidad de soportar múltiples servicios.
- Codificación de audio y video: se adoptó la norma H.264 de MPEG-4 (Grupo de Expertos de la Película - 4). La trasmisión fija usara el H264 – HP@L4.0 en los formatos 480i, 480p, 720p y 1080i
- Middleware Ginga: La norma prevé el soporte a la interactividad, sincronismo espacio-temporal de objetos de media, adaptabilidad y soporte a múltiples dispositivos fijos o portátiles.
- Carácter Social: la norma está siendo desarrollado de modo que permita que en el

futuro, a la Televisión digital acceder a aplicaciones de gobierno electrónico, o servicio de la dirección impositiva.

La propuesta de un enlace dedicado, proporcionaría a nuestra red seguridad, facilidad para ampliar la capacidad de transporte, y aunque el costo puede ser elevado a corto plazo y este sería reducido a largo plazo.[32]

1.5 Alcances del trabajo

En principio se realizara un alcance de la situación actual de la red de televisión digital desplegada, hasta el momento. Luego observaremos algunas de las diferencias de las diversas normas de la tv digital, concluyendo con las ventajas y atributos brindados por la norma japonesa-brasileña.

Se identificarán las necesidades involucradas en el servicio de difusión de la televisión digital, y a partir de ellas se estimara la tasa de transferencia necesaria. Será a partir de este resultado y de ubicaciones hipotéticas que se deberán realizar los cálculos y consideración para los equipos a utilizar en los enlaces.

Finalmente se presentara una tabla de costos de equipos, así como de los servicios implicados despliegue de ambos enlaces.

El presente informe no pretende presentar un diseño detallado de ambos enlaces, más bien de proponer el uso de equipos conocidos, en base a la experiencia en la implementación de redes similares y realizar los cálculos mínimamente necesarios en la proposición de cualquier tipo de enlace de fibra óptica o enlace microondas.

1.6 Síntesis del trabajo

- Se expondrá los fundamentos teóricos que permitan comprender el funcionamiento de la una enlace de fibra óptica y un radioenlaces, como transporte de una señal de televisión digital, tomando en cuenta los requerimientos de calidad y capacidad, para los servicios requeridos,
- Se presenta un análisis de la arquitectura de la tecnología usada por los equipos a que componen la red.
- Se presentara un presupuesto para la implementación de ambos enlaces, esto en base a un atabla de costos por equipos, materiales y servicios.
- Finalmente se exponen los lineamientos y recomendaciones a tener en cuenta en la elección de los equipos adecuados el funcionamiento de este enlace.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Este capítulo da un alcance de cada tecnología, así como alternativas de algunos componentes técnicos involucrados en el desarrollo del presente informe.

2.1 Trasmisión de datos digitales

Las señales digitales son de naturaleza discreta y solo pueden alternar entre cierto número reducidos de valores. Los cuales son representados generalmente por niveles de voltajes eléctricos, para su posterior trasmisión.[5]

La trasmisión digital ha venido siendo una eficiente estructura necesaria para la trasmisión de datos de un punto a otro, los cuales pueden diferir en tiempo y espacio.

La función de trasmisión implica una trayectoria, o medio sobre el cual fluye la información. Siendo para ello necesario, el uso de procesos como la modulación y demodulación, los cuales permiten adaptar la señal a trasmitir, a las características de la trayectoria, dentro de un sistema de portadora. Finalmente dicha señal es reproducida en el destino en donde será aprovechada por personas o máquinas y para ello deberá cumplir con un proceso de conversión en palabras, números impresos, figuras visuales en una pantalla, etc.[5]

2.2 Fundamentos básicos de digitalización de audio

2.2.1 Digitalización de la señal de audio

La señal de audio es una señal de naturaleza analógica, sin embargo esta señal puede convertirse en una señal digital, mediante un proceso e muestreo y cuantificación. Tomando en cuenta que la sensibilidad del oído humano se encuentra en el rango de 20HZ a 20KHz, según a en criterio de Nyquist, las señales deberían ser digitalizadas en una frecuencia de muestreo mínima de 40KHz.

En sistema digital la información se encuentra en forma binaria. Si la señal binaria se encuentra afectada por el ruido, este solamente será considerado si la señal resultante está por encima o por debajo de un determinado umbral. Gracias al proceso de

digitalización de la señal de audio, puede evitar mayor degradación del sonido al momento de su transmisión o realizar copias del audio original. [12]

Para convertir una señal analógica en digital, primero se debe realizar un muestreo de la señal analógica (sampling); esto consiste en tomar diferentes muestras de la amplitud en diferentes puntos de la señal (onda senoidal). La frecuencia a la cual se realiza el muestreo se denomina razón, tasa o frecuencia de muestreo.

Como se muestra en la figura 2.1, el muestreo de una señal consiste en tomar diversas muestras de una onda senoidal que representa niveles de voltajes o tensiones; durante el proceso de muestreo, a estos voltajes o tensiones se le asignan valores los cuales nos permitirán realizar el proceso de cuantización, esto se aprecia en la figura 2.2.[12]

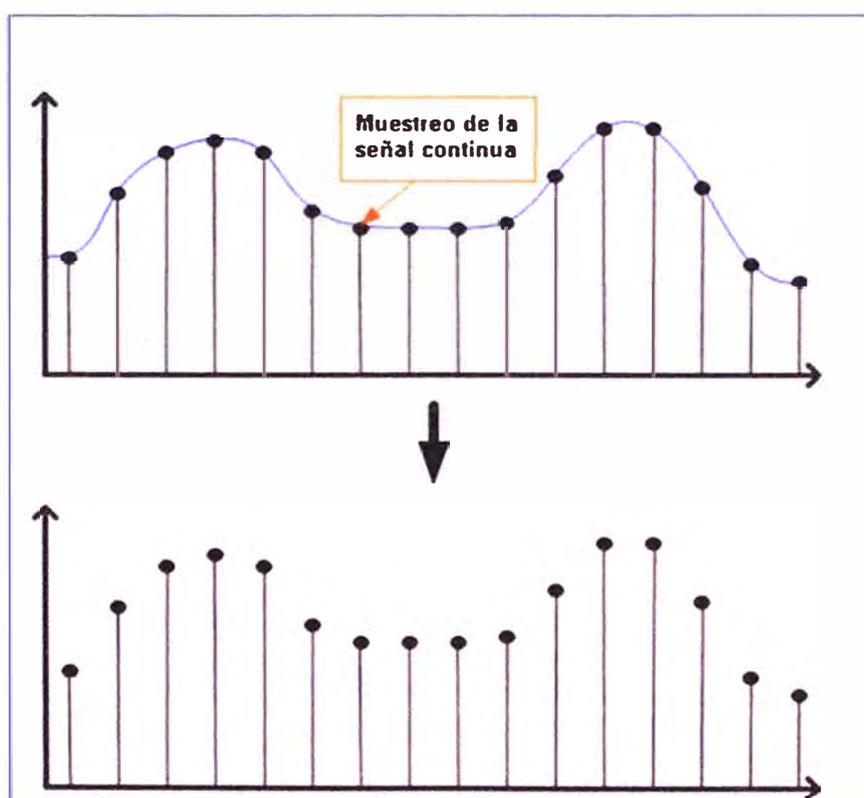


Figura 2.1 Muestreo de una señal continua.

Fuente: <http://oirverycontar.wordpress.com/2011/09/>. [33]

Para muestrear una señal se requiere de una señal muestreadora (sampling), a través de la cual obtendremos la señal muestreada.

S(t): Señal muestreada

δ : Señal muestreadora

Sd(t): Señal muestreada

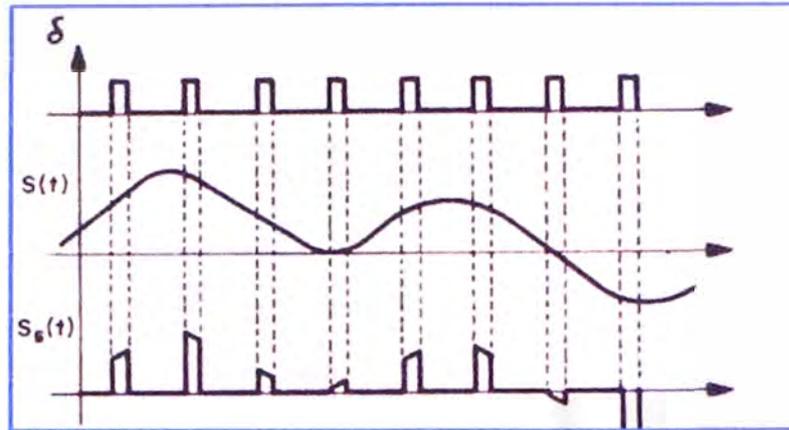


Figura 2.2 Muestreo de una señal

Fuente: <http://telefonía.blog.tartanga.net/shannon-nyquist-fourier-y-otros/el-teorema-de-nyquist/>. [12]

2.2.2 Teorema de Nyquist-Shannon

Cuando se graba una señal de audio mediante una tarjeta de sonido, esta contiene un conversor análogo digital el cual muestrea la señal a frecuencias de 11, 22 ó 44 kHz. A menor frecuencia de muestreo se obtendrán menos detalles de la señal original.

Al llegar a su destino o receptor, estas señales muestreadas deben ser reconstruidas a ser reproducidas; esto establece la condición de reconstruir la señal lo más fiel posible, o al menos que la podamos reconocer de manera similar a la señal original. [12]

El Teorema del muestreo, o teorema de Nyquist-Shannon, según la ecuación 2.1, establece que la frecuencia mínima de muestreo necesaria para evitar el "aliasing" la cual debe ser mayor a dos veces el ancho de banda de la señal muestreada. [12]

$$f_s > 2 \cdot BW \quad (2.1)$$

Donde BW: ancho de banda de la señal muestreada es representada por la siguiente igualdad:

$$BW = f_{\max} - f_{\min} \quad (2.2)$$

Para señales con $f_{\min} = 0$, se obtiene la siguiente condición:

$$f_s > 2 \cdot f_{\max} \quad (2.3)$$

2.2.3 Cuantificación

En este proceso los valores tomados en el muestreo son representados por una serie de valores numéricos discretos correspondientes a los diferentes niveles o variaciones de voltajes de la señal analógica tomados en diferentes puntos igualmente espaciados. Sin

embargo estos valores obtenidos son aproximados a una serie de valores discretos finitos.

2.2.4 Codificación de una señal en código binario

Luego de la cuantificación los valores obtenidos son representas por códigos binarios, ver tabla N° 2.1. A continuación se muestran números del 0 al 7, en el sistema decimal y al lado derecho los números equivalentes en el sistema binario los cuales además son denominados niveles. [12]

Tabla N° 2.1 Valores binario de los niveles de voltajes

Valores de Voltaje en Sistema Decimal	Conversión a Sistema Binario
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

Fuente: Compresión de Video – Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería).

2.3 Digitalización de la imagen en movimiento: televisión y video digital.

La simulación de imágenes en movimiento se ha llevado a cabo proyectando imágenes de forma consecutiva en una pantalla de 24 fotogramas por segundo para el cine y de 25 cuadros por segundos en tubo de imágenes, esto hace referencia al sistema PAL, la cual trabaja con Línea Alterna de Fase; digitalizar estos cuadros o fotogramas consiste en convertir cada uno de estos en ceros y unos, conocidos como bits, así como el audio asociado a esta secuencia de imágenes.[21]

Para llegar a convertirse en ceros y unos, estas imágenes deben primero presentar en forma de cuadrículas, donde la unidad más pequeña es denomina pixel, obtenido mediante un proceso llamado muestreo horizontal. Estos pixeles pueden contener a su vez información referente a la luminancia (brillo o niveles de gris) e información referente al color el cual contendrá tres componentes: R (rojo), G (verde) y B (azul). La resolución de sistemas de video digital es determinada por la cantidad de pixeles horizontales y verticales que contiene cada imagen.[21]

2.3.1 Principios del color en la televisión

La descripción RGB de cualquier color en la televisión, hace referencia a su composición aditiva de tres componentes cromáticas: rojo, verde y azul las cuales se pueden apreciar en la figura 2.3, las cuales se encuentran superpuestas en diferentes valores de intensidad, y mostrando de esta manera las diversas combinaciones. A continuación se muestra un diagrama de colores primarios.[27]

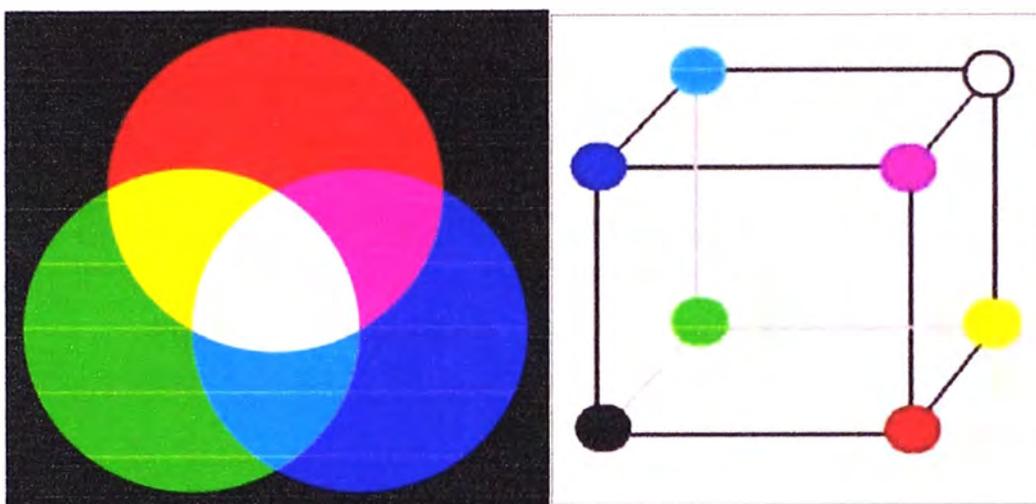


Figura 2.3 Colores primarios de una imagen

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

De la figura podemos representar vectorialmente a los colores primarios de la siguiente forma: rojo (255, 0,0), verde (0, 255,0) y azul (0, 0,255).

2.3.2 La imagen y su relación con el pixel

Como ya se mencionó, el pixel es la unidad mínima que compone una imagen, además se sabe que a través de esta unidad mínima se transmite las componentes de luminancia y color; pues bien para un pixel determinado con conversor A/D de 8 bits para la componente de luminancia podríamos obtener total de 256 posibles resultados, equivalentes a la cantidad de grises que el ojo humano podrá distinguir. Para el caso del color, los dispositivos digitales utilizan conversor es de 24 bits (8 para cada canal), es decir podemos distinguir algo más de 16 millones de posibles colores.[27]

2.3.3 Resoluciones para televisión digital:

SDTV: -720x480

HDTV: -1280x720p (nativo)

-1920x1080i

-1920x1080p

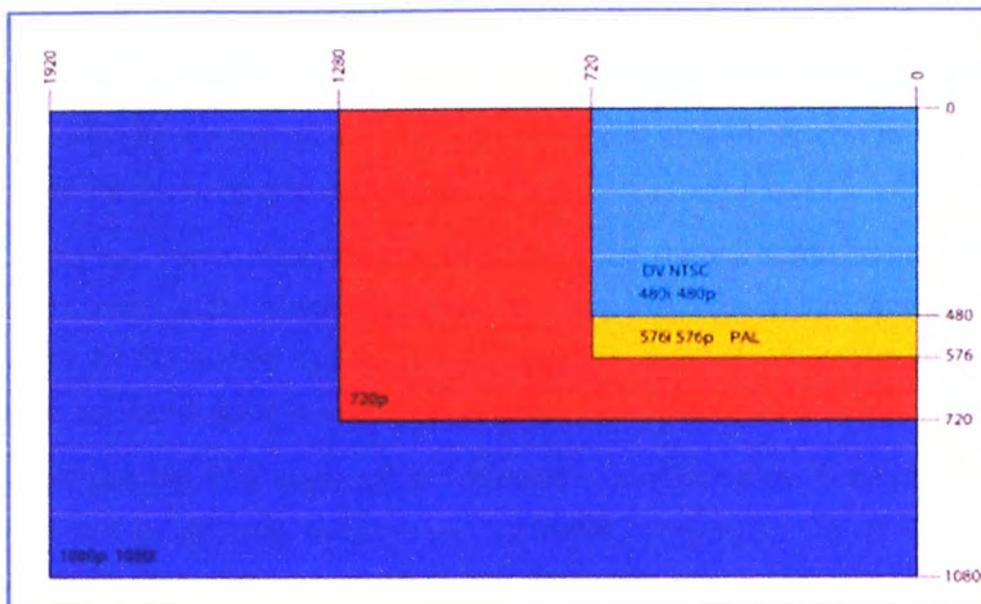


Figura 2.4 Comparación de resolución de la televisión

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degregori C. – Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

La configuración de la composición del píxel en luminancia y tres canales para el color apreciar en la figura 2.4, y nos permite obtener una configuración matricial de una imagen, esto nos permitirá reducir considerablemente la velocidad de transferencia requerida para la transmisión del video digital, ver figura 2.5, lo cual es una característica determinante para la transmisión de video en alta resolución en el presente informe

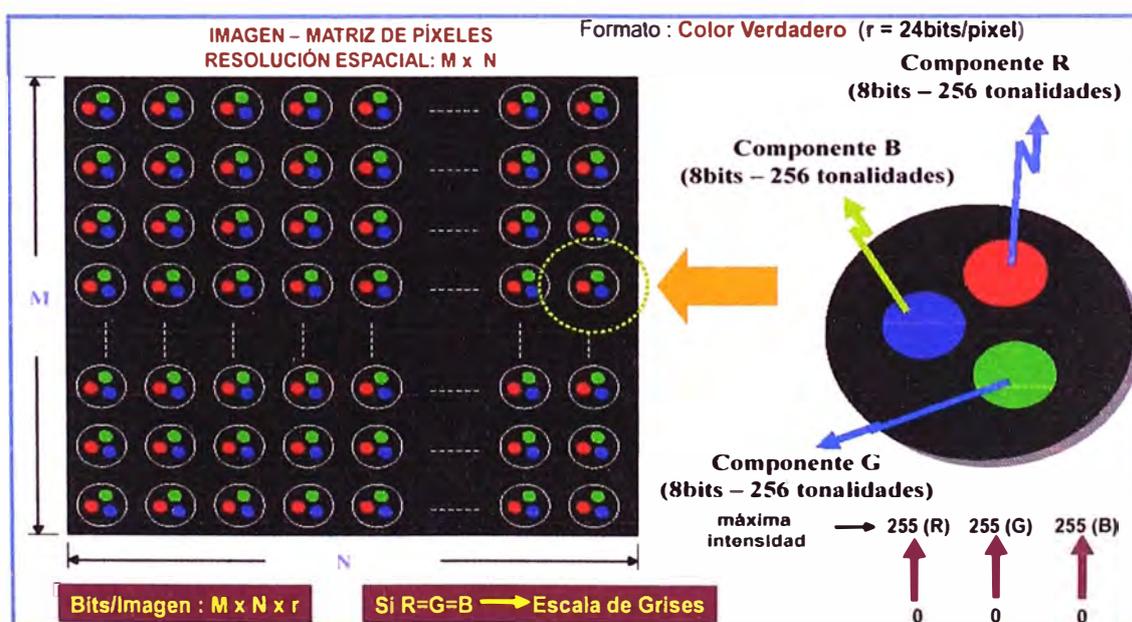


Figura 2.5 Componentes cromáticos de una imagen

Fuente: Compresión de Video 2013– Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

2.4 Técnicas de compresión

La compresión digital permite que varias señales de video de alta calidad sean llevadas en un espacio de frecuencia que ocupa un solo canal analógico, con lo que se reducen significativamente los costos de transmisión.

La compresión de video reduce la transferencia de datos, como consecuencia de la eliminación de información repetida o innecesaria en cuadros de imágenes consecutivas. Las imágenes de Televisión contienen redundancia temporal y espacial; esto es, que gran cantidad de información visual en la pantalla permanece sin cambio.

Pongamos un ejemplo muy claro: en los noticiarios tradicionales, el escenario detrás del comentarista por lo general permanece invariable, mientras que el único objeto en movimiento suele ser esta misma persona. En estos casos, se podría perfectamente enviar una sola vez la información del escenario, y en adelante tan sólo enviar aquellas porciones de imagen que efectivamente estén en movimiento, con lo que se puede reducir de forma muy considerable la cantidad de información a transmitir.

Temporalmente, el objetivo es transmitir sólo las variaciones de la imagen. Por eso los cuadros de video son subdivididos en bloques y se codifican en dos etapas:

- En la primera, se identifican los componentes de imagen que permanecen fijos por un lado, y por el otro aquellos que tienen movimiento.
- En la segunda etapa, se calcula si hay alguna diferencia entre el bloque de imagen actual y el pronosticado.

2.4.1 Tipos de compresión

Podemos encontrar que básicamente existen dos tipos de compresión, dependiendo de la fidelidad con que se transmiten los datos de la imagen original:

- Sin pérdida de datos: No introduce distorsión a la imagen y se recupera íntegramente. En este caso se tiene como ventaja que no hay error de reconstrucción y como desventaja que no se logran altas tasas de compresión.
- Con pérdida de datos: El proceso introduce distorsión, aunque ésta resulta casi imperceptible; en este caso la señal reconstruida será una aproximación de la original. Los datos se operan con una compresión fija y son presentados tomando en cuenta la naturaleza de los sentidos humanos, por lo que son más prácticos para la transmisión y grabación. En este caso se tiene como ventaja que las tasas de compresión que se logran son altas y como desventaja se tiene que la distorsión puede llegar a ser considerable (dependiendo del caso).[27]

2.4.2 Transformación discreta de coseno (DTC)

Busca eliminar la redundancia entre píxeles, a fin de comprimir las imágenes y está basada en la teoría de la transformada de Fourier, según la cual cualquier forma de onda de cada señal puede ser analizada en su frecuencia fundamental más baja y sus componentes armónicos. La señal de video que aparece en la figura 2.6 original es digitalizada y dividida en pequeños bloques de "n \times n" píxeles; típicamente, de 8x8 ó 16x16. DCT analiza los bloques aún más pequeños, y produce, en vez de una señal que varía en el tiempo, una señal en el dominio de la frecuencia en forma de coeficientes, estos son cuantificados para eliminar la información menos importante. Si se pudiera interpretar para ser analizada en forma visual. La alta compresión lograda por la DCT es del tipo Lossy (pérdidas), consiste en una nueva operación sobre la matriz que reduce a cero los coeficientes próximos a cero, ver figura 2.7.[27]

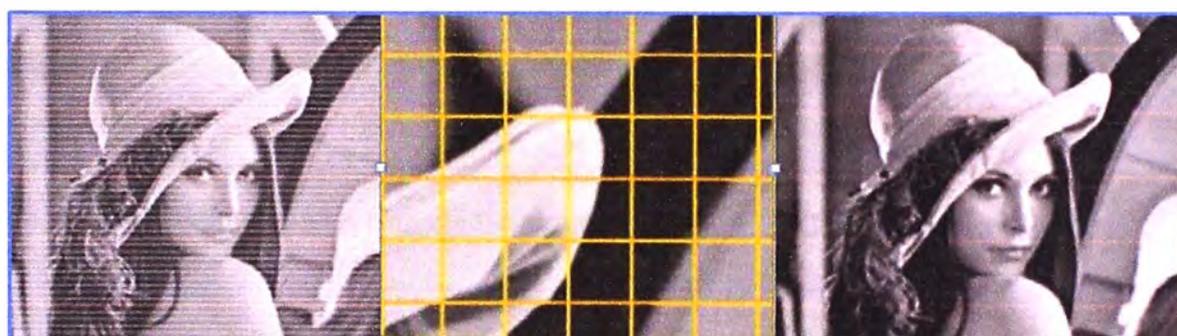


Figura 2.6 Transformación DTC de una imagen

Fuente: Compresión de Video 2013– Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

Los coeficientes de la matriz transformada son los datos que representan la imagen. La transmisión de estos datos se hace uno a uno en una secuencia.

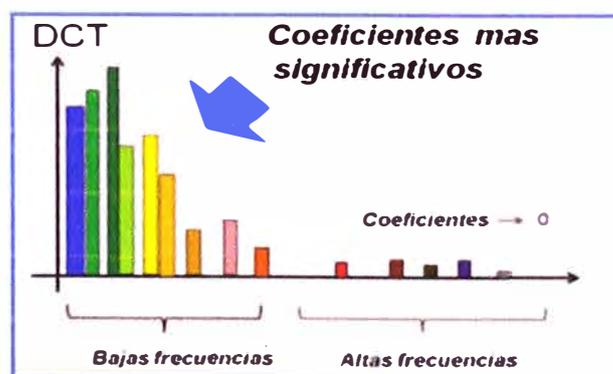


Figura 2.7 Niveles de coeficientes en DTC

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degregori C.- Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

2.4.3 Compresión por Intra-Frame

Este tipo de compresión explota la redundancia espacial que existe en una imagen mediante un análisis frecuencial de la misma. Se efectúa con la información que contiene la imagen actual que se está procesando.

Procesos Involucrados

- Transformación (DCT).
- Promediado: tablas de cuantización.
- Escaneo.
- Codificación entrópica.

La compresión por Intra-Frame tiene como primer paso aprovechar la redundancia espacial, en el cual se divide la imagen digital en pequeños bloques de 8 x 8 píxeles, ver figura 2.8. Generándose a partir de estos bloques, matrices de coeficientes. Cada coeficiente representa la contribución de una de las frecuencias horizontales y verticales de la imagen.

La transformación de estos coeficientes son el punto inicial para obtener la matriz de coeficientes transformados a través de la transformación DTC.

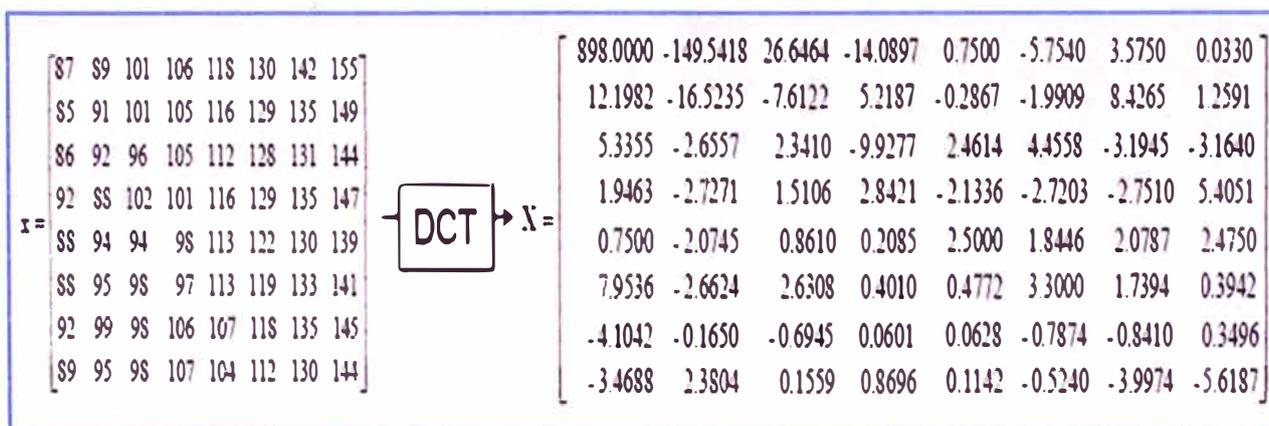


Figura 2.8 Transformación de coeficientes

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

A partir de la obtención de la matriz en la figura anterior se realiza un promediado de la tabla de cuantización, donde los coeficientes son transformados de cada píxel del macrobloque (8X8 píxeles), mediante tablas de cuantización (Q) cuyos valores resultan de estudios psicovisuales, ver figura 2.9.

Su uso supondrá una degradación de la calidad de la imagen ya que se perderán los coeficientes transformados del bloque de menor valor.

$Q =$	16	11	10	16	24	40	51	61
	12	12	14	19	26	58	60	55
	14	13	16	24	40	57	69	56
	14	17	22	29	51	87	80	62
	18	22	37	56	68	109	103	77
	24	35	55	64	81	104	113	92
	49	64	78	87	103	121	120	101
	72	92	95	98	112	100	103	99

$$\hat{X}(k,l) = \text{round} \left[\frac{X(k,l)}{Q(k,l)} \right]$$

Figura 2.9 Tabla de cuantización

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degrégori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

En esta parte pueden leer y se ordenar los coeficientes transformados que serán transmitidos. En estos casos se usa típicamente el escaneo "Zigzag" que lee los coeficientes siguiendo un patrón determinado en forma de zig-zag, ver figura 2.10.

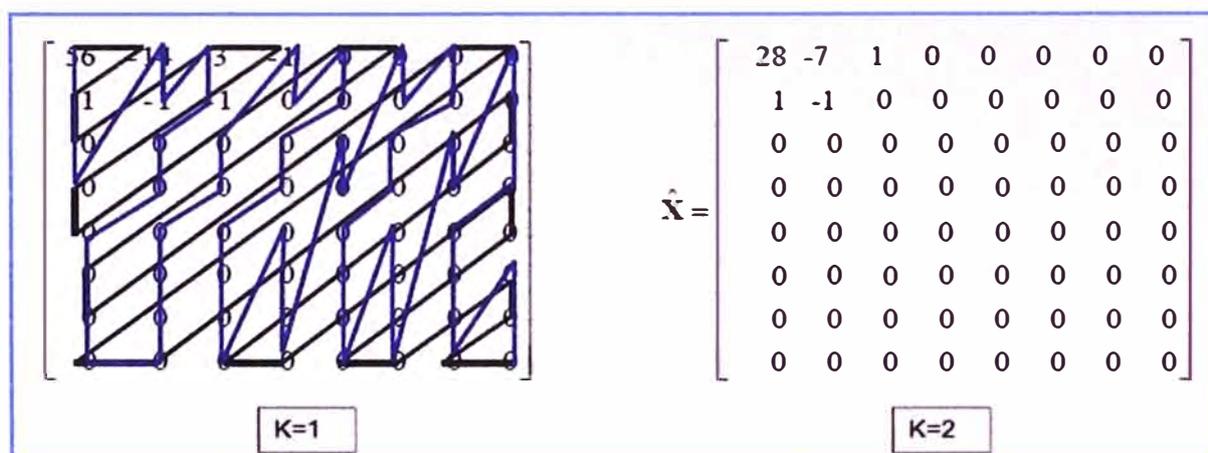


Figura 2.10 Escaneo Zigzag

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degrégori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

En el proceso de cálculo anterior se puede apreciar que se obtiene una matriz cuyos coeficientes en su mayoría son de valor cero, es por este motivo que en la codificación entrópica, se utilizará RLC (codificación de longitud fija) para transmitir el número de ceros en vez de cada cero uno a uno.

Los pasos vistos anteriormente son los procesos que conforman la compresión por Intra-Frame, los cuales están basados en la DCT y son aquellos los que hacen posible alcanzar el nivel de compresión de video a tasas de transferencia del orden de los Mega bits en la Televisión, en la figura 2.11 se puede apreciar un diagrama de bloques que resume este proceso.[27]

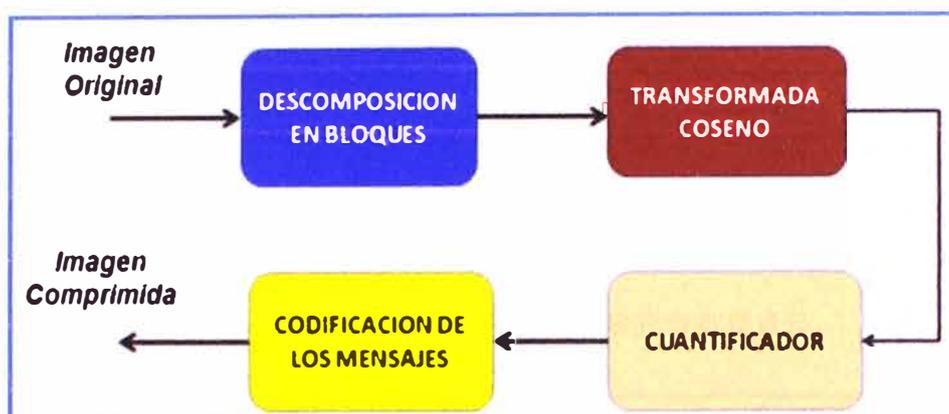


Figura 2.11 Diagrama de compresión de imágenes

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

2.4.4 Compresión por Inter-Frame

La compresión inter-frame explota la correlación temporal (redundancia de imagen) entre cuadros consecutivos para poder codificar una secuencia de cuadros con un mínimo número de bits posibles. Esto se hace mediante la predicción de un frame a partir de frames anteriores y/o futuros, aplicando sobre éstos un movimiento determinado por unos vectores de movimiento, propios de esta norma, ver figura 2.12.

Cabe resaltar que esta técnica se utiliza en normas como MPEG-2 (Grupo de Expertos de la Película – Versión 2).[27]

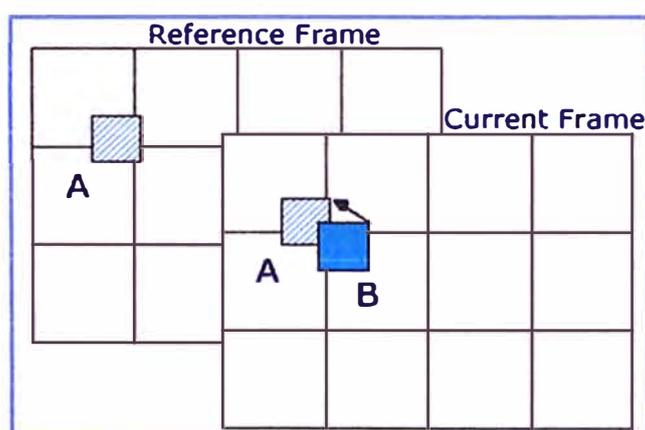


Figura 2.12 Correlación temporal de una imagen

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

La imagen se divide en bloques, luego el codificador trata de encontrar un bloque similar al que se codificó previamente. Este proceso se realiza mediante el algoritmo Block

matching (Bloque coincidente). Luego la imagen siguiente es comprimida a partir de similitudes entre los fotogramas. Este método tiene menor calidad.

Una secuencia de imágenes de 15 frames, está formada por 03 tipos de cuadros: I (intraframe), P (predictivo) y B (bidireccional), los cuales se encuentran ordenados en la figura 2.13.[27]

SECUENCIA = I B B P B B P B B P B B B.

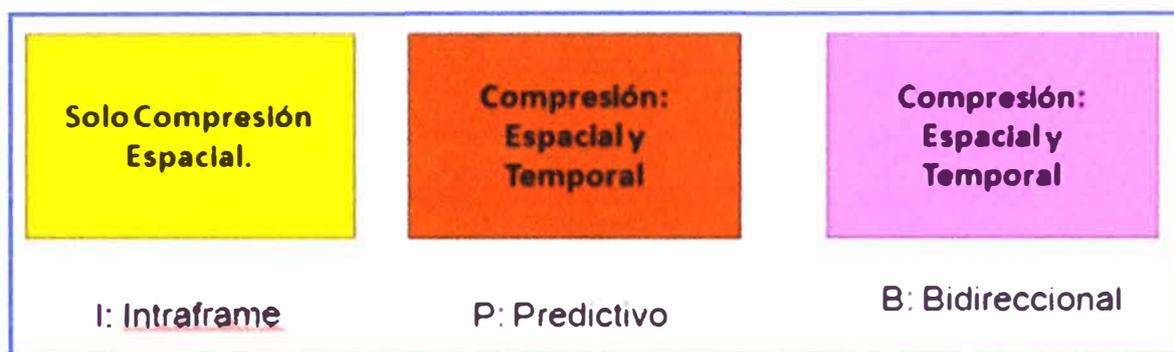


Figura 2.13 Tipos de cuadros de la televisión digital

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

De lo anterior, concluimos que la compresión Inter-Frame a diferencia de la compresión Intra-Frame aprovecha la similitud de un fotograma con respecto a otros. En la figura 2.14 se ve claramente como solo se considera la diferencia entre los dos fotogramas consecutivos se puede reconstruir la secuencia, tomado con referencia la diferencia de las imágenes, ver figura 2.15.[27]

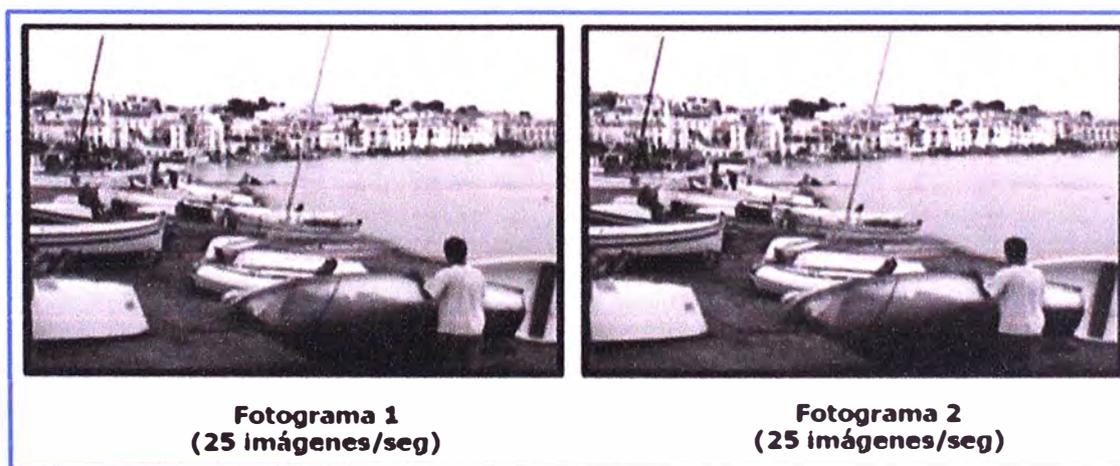


Figura 2.14 Comparación de cuadros consecutivos

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]



Figura 2.15 Diferencia de fotogramas

Fuente: Compresión de Video 2013 – Ing. Luis Degregori C. - Universidad Nacional de Ingeniería.[27]

2.5 Normas de compresión MPEG

MPEG (Grupo de Expertos de la Película) se ha desarrollado formatos de archivos y algoritmos de compresión de audio y video. Una cadena de esta norma: audio video y una capa a nivel del sistema, la cual incluye información de sincronismo, tiempo, calidad, etc. A continuación se presenta los 4 tipos de variedades MPEG.[19]

2.5.1 MPEG-1

Establecido en 1991, se diseñó para introducir video en un CD-ROM. En ese entonces tenían una velocidad de transferencia era muy limitada, del orden de 1.5 Mbps y una resolución de 352x240. La calidad que presentaba era muy similar al VHS (Sistema Casero de Video). MPEG1 actualmente se emplea para VCD (Disco Compacto de Video) y CVCD (Disco Compacto de Video Comprimido).

2.5.2 MPEG-2

Establecido en 1994 para ofrecer mayor calidad con mayor ancho de banda (típicamente de 3 a 10 Mbits). MPEG2 proporciona resoluciones de hasta 720x576 pixels, (calidad de Televisión). Además ofrece compatibilidad con MPEG1. Actualmente se usa en los codecs usados en los DVD (Disco Digital Compacto) y en la televisión digital. En este formato tan solo existe un cuadro completo cada 15 cuadros. Los 14 restantes solo contienen las variaciones de este cuadro clave, lo cual pasa desapercibido cuando se reproduce el video a una velocidad normal, pero nos podemos dar cuenta de este detalle, al intentar avanzar cuadro a cuadro para encontrar algún punto específico de la secuencia de cuadros, es en ese entonces que veremos que solo se puede acceder solo

a estos cuadros claves los cuales esta separados cada 15 cuadros, esto perjudica la edición de los videos para obtener una mínima calidad.[19]

2.5.3 MPEG-4

Se encuentra todavía en desarrollo, y está orientado a las videoconferencias, sobre todo en internet. Este formato es muy diferente con respecto a los anteriores debido a su capacidad pasar por canales muy estrechos. MPEG-4 nos permite mesclar imagen y sonido natural con sonidos sintéticos.

Han aparecido versiones incompatibles de implementaciones, entre ellas la de Microsoft, denominada MPEG-4V2, que apareció temporalmente en su página web. Este CODEC (codificador) fue crackeado posteriormente por un grupo de desarrolladores independientes para mejorar sus características y estabilidad.[19]

2.6 Sistema de comunicaciones de alta velocidad de datos

Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son un transmisor, una línea o medio de transmisión y posiblemente, impuesto por el medio, un canal y finalmente un receptor. El transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en un fenómeno físico (la señal). El medio de transmisión, por su naturaleza física, es posible que modifique o degrade la señal en su trayecto desde el transmisor al receptor. Por ello el receptor debe tener un mecanismo de decodificación capaz de recupera el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal.

La comunicación puede ser punto a punto, punto a multipunto o multidifusión. Posibles imperfecciones en un canal de comunicación son: ruido impulsivo, ruido térmico, tiempo de propagación, función de transferencia de canal no lineal, caídas súbitas de la señal (micro cortes), limitaciones en el ancho de banda y reflexiones de señal (ecos). A continuación se presentan dos sistemas de comunicación digital muy utilizados para soportar comunicaciones de banda ancha.

2.6.1 Aspectos fundamentales de un enlace microondas

El término microondas identifica a las ondas electromagnéticas en el espectro de frecuencias comprendido entre 300 MHz y 300 GHz. El rango de las microondas incluye las bandas de radiofrecuencia de UHF (0.3-3 GHz), SHF (3-30 GHz) y EHF (30-300 GHz).

Al diseñar un enlace de microondas, es muy importante conocer cómo trabajan los sistemas de radio, porque las características de los equipos afectan dramáticamente el rendimiento total de la red.

Básicamente un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: el transmisor, el receptor y el canal aéreo. El Transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a una señal digital. Por el lado del receptor se tiene un circuito muy similar. Este es el encargado de tomar la señal irradiada al espacio por medio de un transmisor, y la convierte en información útil. Este circuito se compone de una antena, la cual es la encargada de tomar la señal, luego, ésta se remodula, se sincroniza, decodifica, se demultiplexa y por último se pasa por un convertidor analógico digital.[5]

2.6.2 Aspectos fundamentales de un enlace de fibra óptica

La fibra óptica es el medio relativamente más confiable y menos costoso para enlace de comunicación de larga distancia y/o altas velocidades de transmisión.

La velocidad de transferencia de la televisión digital va en aumento, mientras que los costos de los enlaces fibra óptica cada vez son menores. Estos son factores vuelven a los sistemas de fibra óptica como los más adecuados para la transmisión de video digital. Actualmente el cable coaxial (75-Ohm) permite un máximo alcance de 300m para SDTV (Televisión Digital de Definición Estándar) y 100 m para HDTV (Televisión Digital de Alta Definición) de 1080p. Por esta razón es necesario el uso de un sistema de transporte basado en fibra óptica la cual puede transportar señales de alta definición a lo largo de decenas de kilómetros, sin problemas de distorsión o degradación de la señal que normalmente se presentan en enlaces eléctricos de cobre.

Todo enlace de fibra óptica está conformado por tres componentes básicos: la fibra óptica, el transmisor óptico y receptor óptico.[3]

Fibra Óptica: De acuerdo a la cantidad de modos de propagación en la fibra, existen dos tipos de fibra óptica, el multimodo y el monomodo.

- La fibra multimodo (de dos a mas modos de propagación): la estructura interna de este tipo de fibra consiste en un núcleo de 50 um y un revestimiento de 125 um de diámetro, es apropiada para aplicaciones LAN para transferencia de datos cableados del tipo Ethernet (enlaces de cortas distancias), al ser fabricadas para aplicaciones LAN cuentan con un ancho de banda limitado y una atenuación alta por kilómetro. Este tipo de fibra es muy económica y viene en una amplia variedad de cables.
- La fibra monomodo (un modo de propagación): estructura interna de este tipo de fibra consiste en un núcleo de 9 um y un revestimiento de 125 um de diámetro. Debido al modo de reflexión interna dentro de este pequeño núcleo, esta fibra tiene

aproximadamente un décima parte de pérdida por kilómetro y un ancho de banda de hasta el orden de los terabytes.

Dadas las características anteriores la fibra monomodo, la mayoría de los equipos de enlace de video están diseñados para trabajar con esta fibra.

Trasmisor Óptico: son los componentes activos de un sistema de comunicación por fibra óptica. Su función es la de convertir la señal eléctrica en una señal óptica e inyectarla dentro de la fibra óptica.[3]

Existen dos tipos de transmisores ópticos: el LED y el LASER. Actualmente los transmisores LASER prácticamente han desplazado a los transmisores tipo LED, esto debido a que los transmisores LASER ofrecen (poner beneficios del LASER frente a un LED).[3]

Actualmente de acuerdo a la manera en que están constituidas las capas de los semiconductores en un transmisor de estado sólido tipo laser LASER, se pueden diferenciar tres tipos:

- LASER de cavidad vertical y emisión superficial (VCSEL): son los menos costosos y se usan con frecuencia en aplicaciones de comunicaciones de datos como por ejemplo, en las redes Ethernet.
- LASER Fabry-Perot(F-P): son los más usados para la transmisión de video debido a que tienen la mejor relación entre precio y desempeño, niveles de potencia razonables (que nivel) y una buena estabilidad de potencia.
- LASER de Retroalimentación Distribuida: es el más costoso debido a que proporciona mayores ventajas en cuanto a niveles de potencia y control espectral el cual permite ajustar el dispositivo para que funcione en una longitud de onda específica.(Q es control espectral)

Receptor Óptico: su función es la de convertir la señal óptica recibida en una señal eléctrica, la cual se amplifica antes de ser procesada. El desempeño de todo el sistema tras una serie de atenuaciones, es determinado en el receptor óptico. El cual debido a su sensibilidad, determinara la longitud un enlace antes de sin repetidoras o el menor uso de las mismas. [3]

En los sistemas de comunicación por fibra óptica tenemos dos tipos de foto detectores (receptores ópticos), los fotodiodos PIN y los fotodiodos de Avalancha (APD), los cuales operan en el rango de longitudes de onda de 0.8 μm y 1.6 μm , ver tabla N° 2.2.[3]

La sensibilidad de los receptores modernos PIN se encuentra en el orden de -34dBm para una velocidad de transferencia de hasta 34 Mbps. Y la sensibilidad de los fotodiodos

APD se encuentra en el orden de -50dBm, sin embargo para una velocidad de transferencia de hasta 34 Mbps, en la mayoría de las aplicaciones de video es suficiente el uso los fotodiodos PIN, los cuales tienen menor costo de lo APD.[3]

Tabla N° 2.2 Comparación de Detectores ópticos

CARACTERISTICAS	PIN			APD		
MATERIAL	Si	Ge	InGaAs	Si	Ge	InGaAs
LONGITUD DE ONDA (um)	0.4 ~ 1.1	0.8~1.8	1~1.7	0.4 ~ 1.1	0.8~1.8	1~1.7
EFICIENCIA CUANTICA (%)	75~90	50~55	60~70	70	60	60
RESPONSIVIDAD (A/W)	0.4~0.6	0.5~0.7	0.6~0.9	80~130 M=100~500	3~30 M=50~200	5~20 M=10~40
EFICIENCIA DE ACOPLAMIENTO (%)	95			95		
ANCHO DE BANDA (GHz)	0.3~0.6	0.5~3	1~10	0.2~1	0.4~0.7	1~10
VOLTAJE DE POLARIZACION (V)	50 ~ 100	6~10	5~6	200 ~ 250	20 ~ 40	20 ~ 30

Fuente: Dispositivos Ópticos Activos B&Z TELECOM-Mayo 2013 – Ing. Eduardo Belleza Zamora.[3]

Los transmisores y receptores ópticos se encuentran envueltos en paquetes SFP (Enchufables de formato reducido), la forma del paquete SFP es adecuado para diseños de canales dobles, en los que un solo módulo SFP puede contener dos transmisores, dos receptores o un par transceptor. Estos dispositivos ópticos generalmente usan el conector óptico LC, el cual se está convirtiendo en el conector más usado para estas aplicaciones, debido a que es estable, asequible y confiable, la fibra óptica es una excelente alternativa frente a los cables de cobre en un número cada vez mayor de aplicaciones. El diseño efectivo de un sistema de fibra óptica es una habilidad que hace parte de de las herramientas de los diseñadores de sistemas. [3]

2.7 Tecnologías de networking y protocolos orientados a transmisiones en tiempo real

La necesidad de transmisión audio y video está teniendo un gran impacto en los sistemas de comunicación. Esta transmisión requiere no solo el soporte de las redes, sino también de los protocolos de comunicación de niveles superiores. En este sentido debe trabajar tanto en redes locales (LAN) como en Internetworks.

Se puede hablar de transmisión en tiempo real cuando se pueda asegurar que la información llegue a su destino con valores adecuados de ciertos parámetros (retraso, rendimiento, fiabilidad, etc.). Por este motivo se afirma que la transmisión de video y voz, tiene requerimientos temporales los cual será solamente posible mediante el uso de ciertas protocolos y tecnologías que describiremos a continuación.[37]

2.7.1 Protocolo TCP/IP

TCP/IP es el protocolo común utilizado por todos los ordenadores conectados a Internet, de manera que éstos puedan comunicarse entre sí. Hay que tener en cuenta que en Internet se encuentran conectados ordenadores de clases muy diferentes y con hardware y software incompatibles en muchos casos, además de todos los medios y formas posibles de conexión. Aquí se encuentra una de las grandes ventajas del TCP/IP, pues este protocolo se encargará de que la comunicación entre todos sea posible. TCP/IP es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de hardware.

TCP/IP no es un único protocolo, sino que es en realidad lo que se conoce con este nombre es un conjunto de protocolos que cubren los distintos niveles del modelo OSI. Los dos protocolos más importantes son el TCP (Transmission Control Protocol) y el IP (Internet Protocol), que son los que dan nombre al conjunto. En Internet se diferencian cuatro niveles o capas en las que se agrupan los protocolos, y que se relacionan con los niveles OSI de la siguiente manera:

- **Aplicación:** Se corresponde con los niveles OSI de aplicación, presentación y sesión. Aquí se incluyen protocolos destinados a proporcionar servicios, tales como correo electrónico (SMTP), transferencia de ficheros (FTP), conexión remota (TELNET) y otros más.
- **Transporte:** Coincide con el nivel de transporte del modelo OSI. Los protocolos de este nivel, tales como TCP y UDP, se encargan de manejar los datos y proporcionar la fiabilidad necesaria en el transporte de los mismos.
- **Internet:** Es el nivel de red del modelo OSI. Incluye al protocolo IP, que se encarga de enviar los paquetes de información a sus destinos correspondientes. Es utilizado con esta finalidad por los protocolos del nivel de transporte.
- **Enlace:** Los niveles OSI correspondientes son el de enlace y el nivel físico. Los protocolos que pertenecen a este nivel son los encargados de la transmisión través del medio físico al que se encuentra conectado cada host, como puede ser una línea punto a punto o una red Ethernet.

El TCP/IP necesita funcionar sobre algún tipo de red o de medio físico que proporcione sus propios protocolos para el nivel de enlace de Internet. Por este motivo hay que tener en cuenta que los protocolos utilizados en este nivel pueden ser muy diversos y no forman parte del conjunto TCP/IP. Sin embargo, esto no debe ser problemático puesto que una de las funciones y ventajas principales del TCP/IP es proporcionar una abstracción del medio de forma que sea posible el intercambio de información entre medios diferentes y tecnologías que inicialmente son incompatibles.[37]

Para transmitir información a través de TCP/IP, ésta debe ser dividida en unidades de menor tamaño. Esto proporciona grandes ventajas en el manejo de los datos que se transfieren y, por otro lado, esto es algo común en cualquier protocolo de comunicaciones. En TCP/IP cada una de estas unidades de información recibe el nombre de "datagrama" (datagram), y son conjuntos de datos que se envían como mensajes independientes.[37]

2.7.2 Protocolo de transporte TCP

El protocolo de control de transmisión (TCP) pertenece al nivel de transporte, siendo el encargado de dividir el mensaje original en datagramas de menor tamaño, y por lo tanto, mucho más manejables. Los datagramas serán dirigidos a través del protocolo IP de forma individual. El protocolo TCP se encarga además de añadir cierta información necesaria a cada uno de los datagramas. Esta información se añade al inicio de los datos que componen el datagrama en forma de cabecera.[37]

La cabecera de un datagrama contiene al menos 160 bit que se encuentran repartidos en varios campos con diferente significado. Cuando la información se divide en datagramas para ser enviados, el orden en que éstos lleguen a su destino no tiene que ser el correcto. Cada uno de ellos puede llegar en cualquier momento y con cualquier orden, e incluso puede que algunos no lleguen a su destino o lleguen con información errónea. Para evitar todos estos problemas el TCP numera los datagramas antes de ser enviados, de manera que sea posible volver a unirlos en el orden adecuado. Esto permite también solicitar de nuevo el envío de los datagramas individuales que no hayan llegado o que contengan errores, sin que sea necesario volver a enviar el mensaje completo.

En la transmisión de datos a través del protocolo TCP la fiabilidad es un factor muy importante. Para poder detectar los errores y pérdida de información en los datagramas, es necesario que el cliente envíe de nuevo al servidor unas señales de confirmación una vez que se ha recibido y comprobado la información satisfactoriamente. Si el servidor no obtiene la señal de confirmación adecuada transcurrido un período de tiempo razonable, el datagrama completo se volverá a enviar. Por razones de eficiencia los datagramas se envían continuamente sin esperar la confirmación, haciéndose necesaria la numeración de los mismos para que puedan ser ensamblados en el orden correcto.[37]

Existe otro factor más a tener en cuenta durante la transmisión de información, y es la potencia y velocidad con que cada uno de los ordenadores puede procesar los datos que le son enviados. Si esto no se tuviera en cuenta, el ordenador de más potencia podría enviar la información demasiado rápido al receptor, de manera que éste no pueda

procesarla. Este inconveniente se soluciona mediante un campo de 16 bit (*Window*) en la cabecera TCP, en el cual se introduce un valor indicando la cantidad de información que el receptor está preparado para procesar. Si el valor llega a cero será necesario que el emisor se detenga. A medida que la información es procesada este valor aumenta indicando disponibilidad para continuar la recepción de datos.

TCP es el protocolo más utilizado para el nivel de transporte en Internet, pero además de éste existen otros protocolos que pueden ser más convenientes en determinadas ocasiones. Tal es el caso de ICMP y UDP el cual es más apropiado para transmisiones en tiempo real.[37]

2.7.3 Protocolo de transporte UDP

El protocolo de datagramas de usuario (UDP) puede ser la alternativa al TCP en algunos casos en los que no sea necesario el gran nivel de complejidad proporcionado por el TCP.

UDP es generalmente el protocolo usado en la transmisión de vídeo y voz a través de una red. Esto es porque no hay tiempo para enviar de nuevo paquetes perdidos cuando se está escuchando a alguien o viendo un vídeo en tiempo real.[37]

Ya que tanto TCP como UDP circulan por la misma red, en muchos casos ocurre que el aumento del tráfico UDP daña el correcto funcionamiento de las aplicaciones TCP. Por defecto, TCP pasa a un segundo lugar para dejar a los datos en tiempo real usar la mayor parte del ancho de banda. El problema es que ambos son importantes para la mayor parte de las aplicaciones, por lo que encontrar el equilibrio entre ambos es crucial.

2.7.4 Redes virtuales VLANS

En la figura 2.16, se aprecia una red de área local (LAN) es una red de un área geográficamente acotada, como una empresa o centro de estudios. En estas redes se pueden presentar problemas como el de no poder tener una confidencialidad entre usuarios de la LAN, al realizarse el envío de los paquetes a más de un destino o también estando todas las estaciones de trabajo en un mismo dominio de colisión. También se tenían los casos en que se tenían que implementar redes independientes para cada área en grandes empresas que buscaban la confidencialidad e integridad de los mensajes. La solución a estos problemas era la división de la LAN en segmentos físicos los cuales fueran independientes entre sí, dando la imposibilidad de comunicación entre las LANs para algunos de los usuarios de la misma. La necesidad de confidencialidad como así el mejor aprovechamiento del ancho de banda disponible dentro de una corporación ha llevado a la creación y crecimiento de las VLANs, figura 2.17.[37]

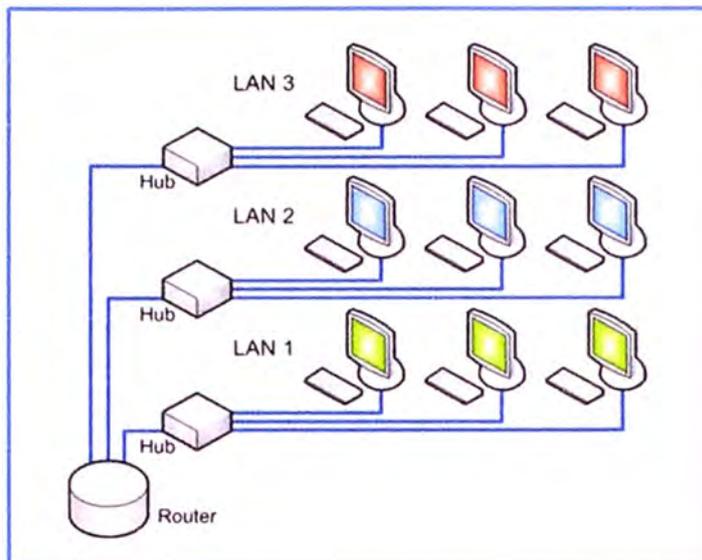


Figura 2.16 LAN tradicional

Fuente: <http://ronaldreales.wordpress.com> – CCNA Cisco.[30]

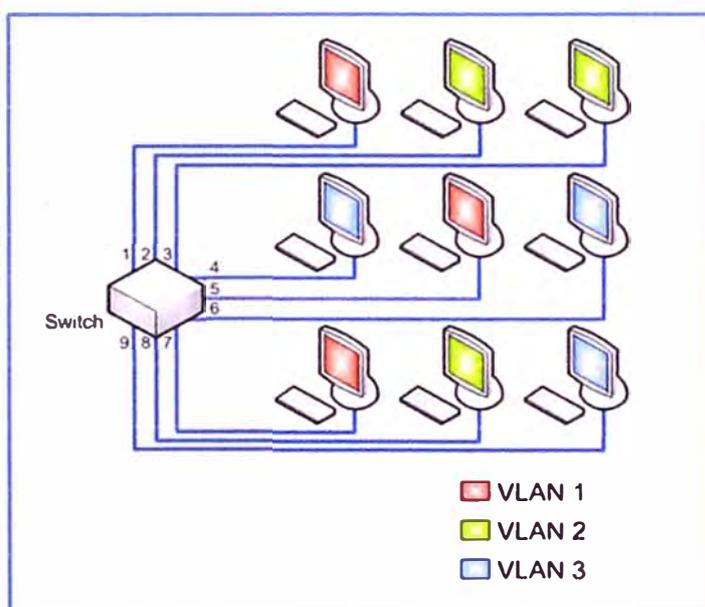


Figura 2.17 LAN virtual - VLAN

Fuente: <http://ronaldreales.wordpress.com> – CCNA Cisco.[30]

La tecnología de las VLANs se basa en el empleo de Switches, en lugar de hubs, de tal manera que esto permite un control más inteligente del tráfico de la red, ya que este dispositivo trabaja a nivel de la capa 2 del modelo OSI y es capaz de aislar el tráfico, para que de esta manera la eficiencia de la red entera se incremente. Por otro lado, al distribuir a los usuarios de un mismo grupo lógico a través de diferentes segmentos, se logra el incremento del ancho de banda en dicho grupo de usuarios. Con los switches se crean pequeños dominios, llamados segmentos, conectando un pequeño hub de grupo de

trabajo a un puerto de switch o bien se aplica micro segmentación la cual se realiza conectando cada estación de trabajo y cada servidor directamente a puertos de switch teniendo una conexión dedicada dentro de la red, con lo que se consigue aumentar considerablemente el ancho de banda a disposición de cada usuario.

Una de las ventajas que se pueden notar en las VLAN es la reducción en el tráfico de la red ya que solo se transmiten los paquetes a los dispositivos que estén incluidos dentro del dominio de cada VLAN, una mejor utilización del ancho de banda y confidencialidad respecto a personas ajenas a la VLAN, alta performance, reducción de latencia, facilidad para armar grupos de trabajo.[37]

La comunicación que se hace entre switches para interconectar VLANs utiliza un proceso llamado Trunking. El protocolo VLAN Trunk Protocol (VTP) es el que se utiliza para esta conexión.[5]

Tipos de VLAN

-Vlan De Puerto Central: Es en la que todos los nodos de una Vlan se conectan al mismo puerto del Switch.

-Vlan Estáticas: Los puertos del switch están ya preasignados a las estaciones de trabajo. Esta asignación estática puede darse tomando algún parámetro asociado al terminal del usuario como: el puerto, dirección MAC, por direcciones IP o por el nombre de usuario.

-Vlan Dinámicas (DVLAN)

Una VLAN dinámica es un puerto del switch que automáticamente determina a que VLAN pertenece cada puesto de trabajo. El funcionamiento de estas VLANs se basa en las direcciones MAC, direcciones lógicas o protocolos utilizados. Cuando un puesto de trabajo pide autorización para conectarse a la VLAN el switch chequea la dirección MAC ingresada previamente por el administrador en la base de datos de las mismas y automáticamente se configura el puerto al cual corresponde por la configuración de la VLAN. El mayor beneficio de las DVLAN es el menor trabajo de administración dentro del armario de comunicaciones cuando se cambian de lugar las estaciones de trabajo o se agregan y también notificación centralizada cuando un usuario desconocido pretende ingresar en la red.[5]

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

La implementación de una red de transporte de fibra óptica, nos permite escoger entre sistemas de comunicaciones que pueden garantizar un alcance de decena de kilómetro, altas tasas de transferencia o una configuración intermedia de ambas características; además de ello, la misma naturaleza de la luz, nos permite garantizar la invulnerabilidad de la señal digital de audio y video, ante cualquier campo electromagnético producido por diversas fuentes de corrientes, que pudieran existir en la trayectoria de nuestro enlace de fibra.

3.1 Justificación de un enlace de fibra óptica y un radio enlaces de microondas como medios de transporte

Las principales ventajas de la transmisión por fibra óptica son: su enorme capacidad de transmisión, capacidad de transferencia de video y sonido en tiempo real, inmunidad a ruidos e interferencias, presenta dimensiones y peso más reducidos que los medios pre-existentes, se pueden obtener grandes distancias antes del uso de un repetidor y posee compatibilidad con la tecnología digital. En contraparte el uso de un sistema de fibra óptica, puede presentar las siguientes desventajas: El costo de instalación puede ser elevado, existe gran fragilidad física en la fibra y la reparación de un cable averiado en campo puede ser dificultoso.

Los sistemas de radioenlaces en comparación con los enlaces de fibra óptica, son menos costosos, más rápidos de desplegar y permiten atravesar diversas configuraciones geográficas, también posee una considerable capacidad de transporte aunque esta es muy inferior al de la fibra óptica. Como desventaja de este medio tenemos: la degradación o pérdida de la comunicación al presentarse un obstáculo en la línea de vista, la calidad de la señal depende de las condiciones atmosféricas, aunque su efecto puede minimizarse con un apropiado diseño de enlace.

Considerando las características anteriores, es evidente el uso de los sistemas de fibra óptica en: redes de área local, conexión de redes de área amplia (WAN), redes de transporte celular entre otras aplicaciones más. Además de ello la comunicaciones libre de

interferencias, ha colocado a este medio como el más adecuado para la transferencia de audio y video, lo cual es un factor determinante en el transporte de la televisión digital

Por otro lado los sistemas de radioenlaces, encuentran su mayor aplicación en redes de acceso, cierre o interconexión de anillos de fibra óptica o protección (Backup) de una red de fibra. No obstante son ampliamente utilizados como backbone en aquellas zonas de difícil geografía.

3.2 Entorno de aplicación del enlace de transporte como SLT de un estudio de televisión digital

Con la finalidad de evitar estimaciones no coherentes en nuestros sistemas de transporte, es necesario presentar una configuración simplificada de nuestros enlaces estudio – planta transmisora o SLT, ver figura 3.1. La inversión de la infraestructura en un enlace de fibra óptica y de un enlace de microondas es significativa; por consiguiente, el margen para el error debe ser muy pequeño, no solo con la finalidad de alcanzar minimizar los costos sino de asegurar el correcto funcionamiento a mediano o largo plazo.[24]

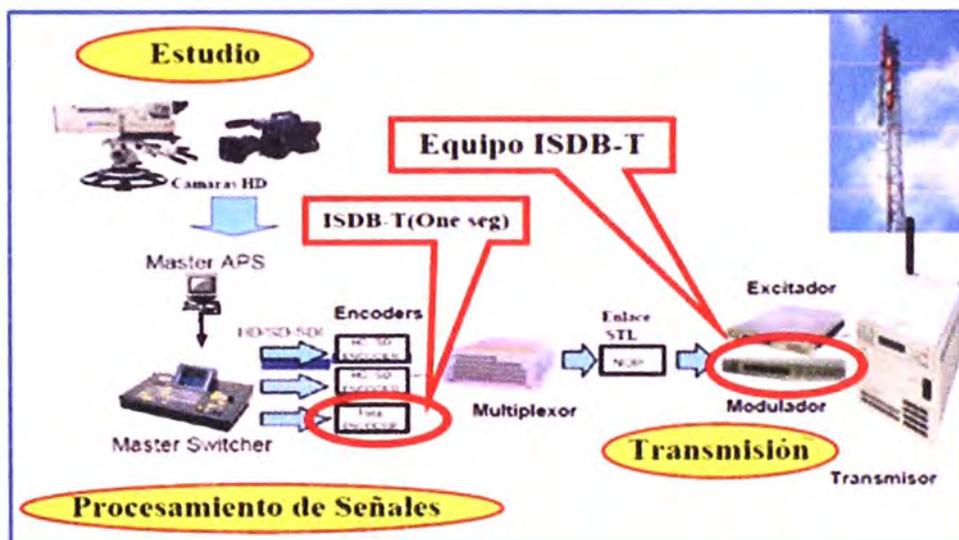


Figura 3.1 Red de transporte de un radiodifusor de televisión digital.

Fuente: Despliegue del ISDB-T en Perú 2009 – Ing. Marcial Lopez Tafur.[24]

3.3 Determinación de las necesidades

Una vez reconocida el entorno en el cual funcionara nuestro SLT, es importante reconocer los servicios y anchos de banda involucrados, los cuales serán transportados a través de nuestra red; así como las conexiones de los circuitos extremo a extremo, y los requisitos de calidad. La norma ISDB-Tb, ofrece varios servicios atractivos en la televisión digital entre los cuales tenemos: Imagen y sonido de alta calidad, multi-programas SDTV en 6Mhz por canal, transmisión de datos, Tv Interactiva, recepción móvil y el sistema de

alerta de emergencia, ver figura 3.2. La televisión interactiva entre otras cosas permitirá a los receptores (fijos o portátiles) acceder a la programación en vivo como una programación previamente almacenada en un dispositivo de memoria. De esta forma los usuarios podrán escoger cuando y como acceder a sus programas favoritos.[25]



Figura 3.2 Servicios atractivos de ISDB-T

Fuente: Ventajas de ISDBT para Bolivia - Yasushi Furukawa.[25][22]

Una señal HDTV (High Definition TV) puede requerir más de 1 Gbps. Evidentemente esta tasa es impráctica en un canal de 6 Mhz (ancho de banda disponible para una emisora de TV). Buscando disminuir la tasa de transmisión, sin comprometer la calidad de la señal, se utilizó un algoritmo de compresión llamado MPEG-4 AVC, el cual permite reducir esta tasa a valores aproximados de 8 a 16 Mbps, dependiendo de la calidad deseada. Es esto lo que hace posible la transmisión de programas de alta calidad en un ancho de banda de 6 Mhz. Así como en el caso del video, el audio ha ganado mayor calidad con la digitalización, para mantener las especificaciones de ancho de banda de TV Analógica, el audio también debe ser comprimido. Esta compresión se lleva a cabo mediante en código MPEG-4 AAC (código de audio avanzado), y de la misma forma que ocurre con la señal de video, consigue colocar la señal de audio en la banda disponible sin comprometer la calidad.[23]

Además del audio y el video de alta definición, también fue posible introducir un canal de servicios en la banda de 6Mhz. Estas tres señales (audio, video, servicios) son

multiplexados, utilizando la tecnología MPEG-2.

A partir de lo anterior, vemos que es posible asegurar la transmisión de Televisión digital, en un canal de apenas 6 Mhz: Servicio, audio y video.

A pesar de ser una tecnología más cara que el MPEG-2 (en un primer análisis), el uso del H.264 debe proporcionar a los difusores una mejor capacidad de transmisión por unidad de capital invertido.[23]

Veremos en detalle más adelante que gracias al código H.264, es posible en un ancho de banda de 6MHz transmitir hasta 8 canales SDTV o 2 canales HDTV o cualquier combinación equivalente además de un canal LDTV, ver figura 3.3.[23]

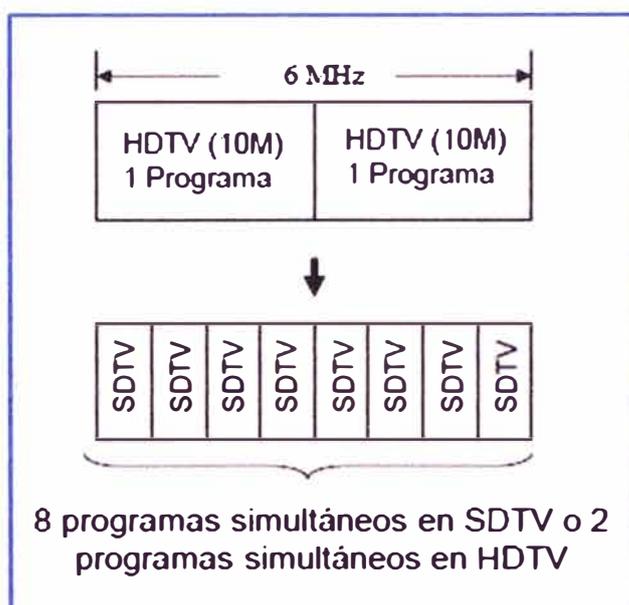


Figura 3.3 Eficiencia de uso del ancho de banda

Fuente: Televisión Digital Terrestre (TDT) 2009 - Guillermo Kemper Vásquez .[23]

En este punto, se define la configuración de servicios que son transportados. La norma de compresión MPEG-4 pone al alcance del canal predeterminado de 6 Mhz, dos señales HDTV, además es claro que la tendencia de los usuarios de televisión digital se ha inclinado a adquirir pantallas lo suficiente mente grandes, las cuales exigen la máxima resolución posible. Es por ello que se tomara como referencia trasportar dos canales de alta definición además del contenido móvil e interactividad por internet.

3.4 Determinación del tráfico en un SLT usando MPEG-4 AVC

La configuración de programas SDTV o HDTV y la tasa de transferencia útil por servicio o programa pueden variar, es necesario establecer un bit-rate mínimo el cual nos permita

garantizar la continuidad de los servicios en cualquier circunstancia.

En la norma ISDB-Tb, la tecnología MPEG-2 es usada para la multiplexación de datos. La codificación se lleva a cabo mediante MPEG-4, una versión más reciente con mejores tasa de compresión. Con fines de un mejor entendimiento de la norma MPEG-4 se mostrara un esquema básico del codificador MPEG-2.

3.4.1 Codificación de video MPEG-2

Las cámaras de videos de alta definición generan una señal de hasta 1 Gbps, esta señal precisa ser comprimida para que pueda ser soportada por el canal de transmisión disponible; esto se logra aprovechando la redundancia en las imágenes, además de ello el ojo humano permite la pérdida de ciertos detalles de las imágenes de video, sin percibir la degradación de la misma.[13]

Las cámaras pueden generar 60 imágenes por segundo y cada pixel puede ser representado por un valor de luminancia (Y) y dos de cromancia (UV), así cada pixel es representado por tres disposiciones de números rectangulares (modulo y ángulo).

Para disminuir la tasa de transmisión, se disminuye las matrices de cromancia (variar las componentes de video). Que depende de la configuración que se adopte para estas matrices, estos cambios pueden llegar a ser casi imperceptible al ojo humano, dada su naturaleza en la cual posee más sensibilidad a la luminosidad que a la cromancia.

Por ejemplo, la representación de 4:2:2 elimina la tercera parte de los valores de cromancia y 4:2:0 elimina la mitad. De esta manera es posible negociar entre resoluciones y tasas de bit.[13]

A continuación veremos los bit-rates correspondientes a las diferentes configuraciones de componentes de video.

Modo 4:4:4 de 10 bits en HDTV barrido progresivo:

Señal Y: 13,5 Mhz

Señal Cb: 13,5 Mhz

Señal Cr: 13,5 Mhz

$(1080 \times 1920) \text{pixel/cuadro} = 2,07 \text{ Mpixel/cuadro}$

$(2,07 \text{ Mpixel/cuadro}) \times (10 \text{ bits/pixel}) \times (60 \text{ cuadro}) \times 3 = 3,27 \text{ Gbps}$

Modo 4:2:2 de 10 bits en HDTV barrido progresivo:

Señal Y: 13,5 Mhz

Señal Cb: 6,75 Mhz

Señal Cr: 6,75 Mhz

(1080×1920) pixel/cuadro = 2,07 Mpixel/cuadro

$(2,07 \text{ Mpixel/cuadro}) \times (10 \text{ bits/pixel}) \times (60 \text{ cuadro}) \times 2 = 2,484 \text{ Gbps}$

Modo 4:2:0 de 10 bits en HDTV barrido progresivo:

Señal Y: 13,5 Mhz

Señal Cb: 3,375 Mhz

Señal Cr: 3,375 Mhz

(1080×1920) pixel/cuadro = 2,07 Mpixel/cuadro

$(2,07 \text{ Mpixel/cuadro}) \times (10 \text{ bits/pixel}) \times (60 \text{ cuadro}) \times 1,5 = 1,863 \text{ Gbps}$

Claramente vemos una reducción de 3,27 Gbps a 1,863 Gbps, con solo alternar los valores de cromancia. Pero es evidente la necesidad de reducir aún más este valor; para ello IMPEG-2 comprime los datos usando la técnica de "convertor de bloque", el cual subdivide las imágenes en bloques de 8x8 pixeles, ver figura 3.4, estos bloques que son procesados mediante la transformada discreta de coseno o DCT.[13]



Figura 3.4 Matrices de coeficientes

Fuente: Introducción a la Televisión Digital - STB (Tecnología Superior en Broadcasting).[13]

La DCT transforma la amplitud espacial del pixel en coeficientes de frecuencia espacial esto permite que la imagen puede ser simplificada a través de coeficientes.

La mayoría de los coeficientes de las componentes de frecuencias elevadas se vuelven cero, produciéndose una baja pérdida en la resolución del brillo y color. Si aplicamos la transformada inversa a la matriz después de la cuantización, la imagen generada es muy parecida a la imagen original, empleando un número mucho menor de bits. Además al simplificar los coeficientes correspondientes a las altas frecuencias, es posible prescindir de información redundante de un cuadro mediante diversos códigos (Codificación Entrópica). También es posible comprimir aún más el bit-rate al prescindir de información

de una secuencia de imágenes (Predicción de Cuadros), en la cual podemos encontrar tres tipos de cuadro:[13]

I (Intraframe): son cuadros codificados sin ninguna dependencia con otros cuadros. Forma una imagen completa, la cual sirve de referencia para los cuadros P y B. El uso de cuadros tipo I facilita la inicialización de la imagen cuando ocurre un cambio de canal en el receptor. A diferencia de los cuadros tipo P y B, los cuadros I no dependen de cuadros precedentes o siguientes.

P (Predictivo): Este tipo de cuadros poseen apenas las diferencias que ocurren con cuadros anteriores.

B (Bidireccional): Además de las diferencias con los cuadros anteriores, también posee las diferencias en relación a los cuadros posteriores.

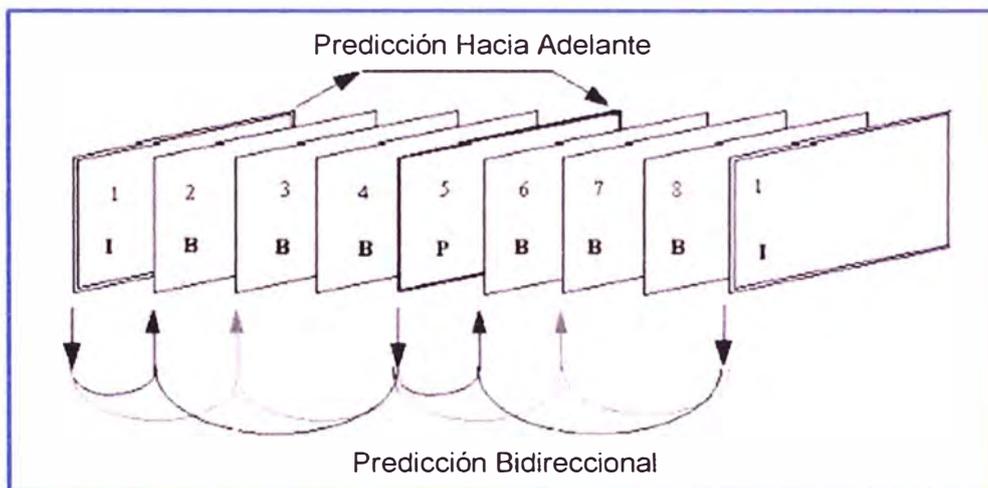


Figura 3.5 Predicción de cuadros

Fuente: Introducción a la Televisión Digital – STB (Tecnología Superior en Broadcasting).[13]

En la figura 3.5 se aprecia el proceso de predicción de cuadros el cual es posible median el uso de un buffer, el cual controla la tasa de bits de salida y almacena cuadros para la predicción. Los paquetes son organizados en 187 bytes de información útil y un byte de sincronismo, ver figura 3.6.[13]

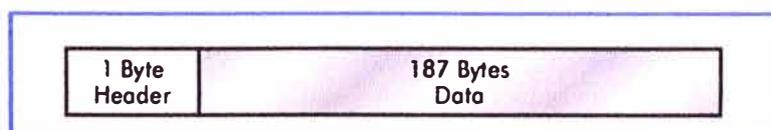


Figura 3.6 Paquete MPEG-2 de 188 Bytes

Fuente: Introducción a la Televisión Digital – STB (Tecnología Superior en Broadcasting).[13]

La salida del compresor MPEG-2 que puede contener un video HDTV o cuatro video SDTV, posee un orden de una tasa de aproximadamente 20 Mbps. Como el sistema ISDB-T utiliza sistema de modulación con múltiples portadoras (BTS-OFDM), esta tasa puede ser variable (hasta 20Mbps como máximo), dependiendo de la calidad de la imagen o robustez que se le pueda dar a la transmisión.[13]

En resumen, toda la información redundante de la escena consigue una considerable reducción de la tasa de bits. Es gracias a estas consideraciones que es posible lograr considerables tasas de compresión en la transmisión de video digital.

3.4.2 Codificación de audio MPEG-2 AAC

La norma MPEG-2 también permite la compresión del audio, a través de la tecnología AAC (Código de Audio Avanzado). A continuación tenemos algunas de las características más importantes:

- Baja tasa de bits con codificación usando el método de muestreo
- Codificación de audio usando 5.1 canales;
- Uso del código MPEG-2 ACC (Advance Audio Coding)

AAC es considerado una evolución de MP3, por conseguir una calidad equivalente con una tasa de bits mucho menor, fue desarrollado por las empresas: Dolby, Fraunhofer (FhG), AT&T, Sony y Nokia. ACC está presente en MPEG-2 (parte 7) y en MPEG-4 (parte 3). La codificación ACC trabaja de la siguiente forma:

- Los componentes de audio que son percibidos como irrelevantes son eliminados.
- Las redundancias en la señal de audio también son eliminadas.
- La señal es procesada a través de un MDCT (Modified Discrete Cosine Transform).
- Códigos internos de corrección de errores son agregados.
- La señal es almacenada y transmitida.

Esta norma posee todos los tipos de frecuencias del espectro (entre 8 y 96 KHz), además de trabajar con cualquier número de canales de audio (entre 1 y 48 canales). Los codificadores de ACC puede conmutar dinámicamente entre un único bloque de 2048 puntos o 8 bloques de 256 puntos.[13]

Por definición, el bloque de 2048 puntos es utilizado para mejorar la eficiencia de la codificación, para presentar una mejor resolución de frecuencia. En caso de algún problema, se puede usar los bloques de 256 puntos, para una mejor resolución temporal.

Dependiendo de la complejidad, de la codificación y del desempeño deseado de la tasa

de bits, los implementadores pueden crear perfiles para definir un grupo de herramientas a ser utilizadas en una implementación específica. [13]

3.4.3 Norma AAC de bajo atraso

MPEG-4 LowDelay Audio Coder (AAC-LD) fue diseñado para combinar las ventajas de codificación de audio con un bajo retardo necesario para una comunicación exitosa. Este formato es derivado de MPEG-AAC. La idea es tratar de insertar un número máximo de algoritmos (que garantice la calidad de la codificación) con un retardo de 20 ms. De esta manera, AAC-LD es un puente entre aplicaciones de baja y alta calidad.[13]

3.4.4 Norma MPEG-4 en la televisión digital

Esta norma es usada por las emisoras de TV Digital, que se beneficiaron de la alta tasa de compresión de audio (AAC, parte 3) y video (H.264, parte 10).

MPEG-4 absorbe muchas características de sus antecesores (MPEG-1 y 2) adicionando varias otras, tal como: VRML (Virtual Reality Modeling Language) que trabaja con objetos 3D, soporta varios tipos de interactividad, entre otras mejoras. Las características de la norma son de uso abierto, es decir que los fabricantes pueden decidir cuándo y que características usar. Esto significa que la norma puede ser modificada para optimizar una aplicación específica.[13]

Muchas de sus funcionalidades provienen de la división de tareas. Mientras que un sistema se encarga de la administración del flujo y de la descripción de la escena, otros involucran la tecnología de la fuente de codificación.

MPEG-4 tiene la capacidad de entregar videos con calidad de DVD (MPEG-2), con bajas tasa de transmisión. Además de comprimir los cuadros de la imagen (MPEG-2 faz), MPEG-4 también comprime la información de redundante entre cuadros sucesivos.

MPEG-4 parte 10 o MPEG-4 AVC (Advance Video Coding), busca ofrecer una alta tasa de compresión sin pérdida de calidad en el video, permitiéndonos comprimir un valor del 40 al 70% más que el MPEG-2. Todo esto ofrece a los radiodifusores:

- Un mejor uso del espectro (altas tasas de compresión).
- Transmisión de un mayor número de canales (manteniendo la misma calidad).
- Trasmisión de un menor número de canales (mejorando la calidad).

El algoritmo de compresión MPEG-4 AVC también conocido como H.264 ofrece menores tasas de transmisión para cada tipo de servicio.

Tabla N° 3.1 Ejemplo de aplicación de la norma H.264

Escenario de Uso	Resolución de Tasa de la Trama	Ejemplo de la Tasa de Datos
Contenido Móvil	176x144	50-60 Kbps
Internet	640x480	1-2 Mbps
Alta Definición	1280x720	5-6 Mbps
Alta Definición en pantalla Completa	1920x1080	7-8 Mbps

Fuente: Introducción a la Televisión Digital - STB(Tecnología Superior en Broadcasting).[13]

Tomando en cuenta la configuración de servicios definidos en el apartado 3.3 y según la tabla N° 3.1 el bit-rate asociado a dos canales de alta definición, contenido móvil e interactividad por internet tiene un valor aproximado de 19 Mbps. Este valor será de gran importancia en las posteriores estimaciones.

3.5 Propuesta para el enlace de fibra óptica

El diseño de un enlace de fibra óptica puede tomar como referencia las normas y recomendaciones internacionales. Sin embargo este método, normalmente no permite al diseñador maximizar el retorno de la inversión, minimizar costos de instalación, optimizar el diseño y maximizar la confiabilidad. Otro método más apropiado requiere conocer las características y parámetros de desempeño de cada uno de los componentes de la red de fibra óptica.



Figura 3.7 Ubicación del estudio de televisión y la estación transmisora

Fuente: Google Earth.[40]

A modo de presentar claramente el funcionamiento y despliegue de nuestra red de

trasporte; tomaremos como referencia un posible enlace que unirá un canal de televisión hipotético cuyas coordenadas son, 12° 4'33.04"S de Latitud y 77° 2'9.72"O de longitud, como se presenta en la figura 3.7, este punto se enlaza con su estación transmisora, cuya ubicación se propone en el Morro solar (Morro Solar en Chorrillos).

3.5.1 Planificación del enlace de fibra óptica

Para definir los requerimientos de equipos, recursos necesarios, estudios de factibilidad, y presupuestos; se define el método de instalación para el enlace de fibra óptica.

A) Definición del tipo de instalación: Antes de ver los tipos de instalación veremos brevemente los tipos de Instalación comúnmente usados para un enlace de fibra óptica.

- **Instalación aérea:** La distribución y acometida es más sencilla y barata, sobre todo si existen postes disponibles en los que fijar los cables. El cable está expuesto totalmente a condiciones climáticas, por lo que debe estar especialmente reforzado en función de la meteorología del lugar.

Este tipo de instalación no procede actualmente por la saturación de los postes.

- **Instalación Subterránea en Zanjas:** El cable es directamente enterrado o colocado en el interior de conductos. Esta instalación es muy costosa, una forma de minimizar su costo es la de aprovechar la renovación de servicios o el tendido de nuevas alcantarillas, tuberías o carreteras, aunque es difícil contar con estas circunstancias. También es posible compartir la infraestructura por parte de los operadores. Además del coste económico, es necesario solicitar permisos en las distintas municipalidades por donde atraviesa el enlace, ya sea para realizar cortes del asfalto en las calles y tráfico que afectan a los usuarios.

- **Instalación Subterránea en Galerías de Servicio y Alcantarillas:** Es fundamental la colaboración con los operadores de las autoridades locales, ya que disponen de bienes de dominio público que pueden ceder para permitir desplegar nuevas infraestructuras. De esta forma se puede evitar la realización de nuevas obras, pero la instalación está muy condicionada por el estado de los conductos a utilizar.

Esta opción junto con el tendido aéreo son las más ventajosas en lo económico.

Instalación en Microzanjas: La instalación en microzanjas es una alternativa que permite reducir el impacto de la obra civil en la instalación de nuevos cables. El coste puede ser 1/3 del de una canalización normal. Consiste en la realización de una zanja de tamaño muy reducido que varía entre 1 y 10 cm de ancho y 10 - 20 cm de profundidad dependiendo del diámetro del cable a instalar; una vez colocado el cable en su interior se

colocan elementos protectores o conductos en los que se instale el cable después; que finalmente se sella con un material bituminoso.[16]

El trazado de la instalación es en lo posible en línea recta para no inducir curvaturas, los cambios bruscos de dirección deberán ser evitados, y cuando sean inevitables se deberán realizar cortes en ángulo.

Como ventajas fundamentales la instalación en microzanjas tenemos:

- Reducción de costes de instalación.
- Menor afección a tráfico y usuarios que la obra civil tradicional.
- Rapidez.
- Poca producción de escombros.
- Baja penetración en el subsuelo.
- Facilidad de mantenimiento.

Entre sus desventajas tenemos:

- Exposición del cable a vibraciones por tráfico denso.
- Utilización de cables especiales o estudio del adecuado aislamiento para permitir una instalación correcta.
- Susceptible de ser dañado en tareas de mantenimiento de infraestructuras, ya que la instalación se realiza a poca profundidad.
- Ampliaciones de red requerirán una nueva instalación.

Dada las condiciones de costo y factibilidad expuestas, actualmente en Lima se viene realizando instalaciones de fibra óptica en microzanjas; y es la que se tomara como método de instalación para el enlace SLT (Enlace Estudio-Planta Trasmisora) de transporte. Cabe resaltar que este tipo de instalación utiliza como rutas zonas residenciales o avenidas poco transitadas, dado que el tipo cable colocado en estas instalaciones pueden tener una insuficiente resistencia mecánica en calzadas muy transitadas. Además la solicitud de un permiso para realizar cortes de calles y de tráfico que afectan a los usuarios, esto puede llegar a ser muy complicado en ocasiones.

En la figura 3.8 se presentara una ruta estimada para nuestro enlace de fibra óptica, en la cual se tomaron en consideración minimizar la cantidad de curvaturas, el cruce por avenidas transitadas y minimizar el recorrido de fibra óptica con la finalidad de reducirla atenuación del enlace.[39]



Figura 3.8 Recorrido del microcanalizado de fibra óptica

Fuente: Google Earth.[40]

B) Fases de instalación de la fibra óptica: Los pasos establecidos para un microcanalizado son:

- Realización de la microzanja.
- Limpieza mediante aire comprimido o agua a presión.
- Colocación del cable.
- Colocación de rellenos de protección.
- Cerrado de la zanja mediante aplicación de material bituminoso especial.



Figura 3.9 a) Esquema de instalación de cable en microzanjas; b) Realización de una microzanja; c) Aspecto final tras el proceso de rellenado.

Fuente: Microzanjas – Instalación para Fibra Óptica (TELNET-RI).[39][41]

C) Definición del microcable de fibra óptica: Los cables adecuados para la instalación en microzanjias deben contar con ciertas características para asegurar la mayor disponibilidad posible del enlace, ver figura 3.9, las cuales son:

- Reducido diámetro.
- Elevada resistencia a compresión.
- Buena resistencia a altas temperaturas, el material de sellado puede alcanzar temperaturas entre 100° y 170° C.
- Contener materiales que eviten la propagación de agua en su interior.

Este tipo de cable es conocido como “Microcable de fibra óptica”, el cual permite la transmisión de la señal óptica.

Las capacidades son de 2, 4, 8, 12, 24, 48 y 72 fibras ópticas por microcable. Su instalación es directamente en el micro ducto, antes de su empotramiento en la microzanja.

Los microcables de 2, 4, 8 y 12 fibras ópticas que pueden ser instalados en tubos de soplado los cuales son previamente instalados en los microductos.

En la figura 3.10 el microcable de fibra óptica que se propone contiene 12 hilos de fibra óptica monomodo de la marca Corning, entre otras características las fibras son del tipo 9/125 correspondientes al tipo monomodo.[6]

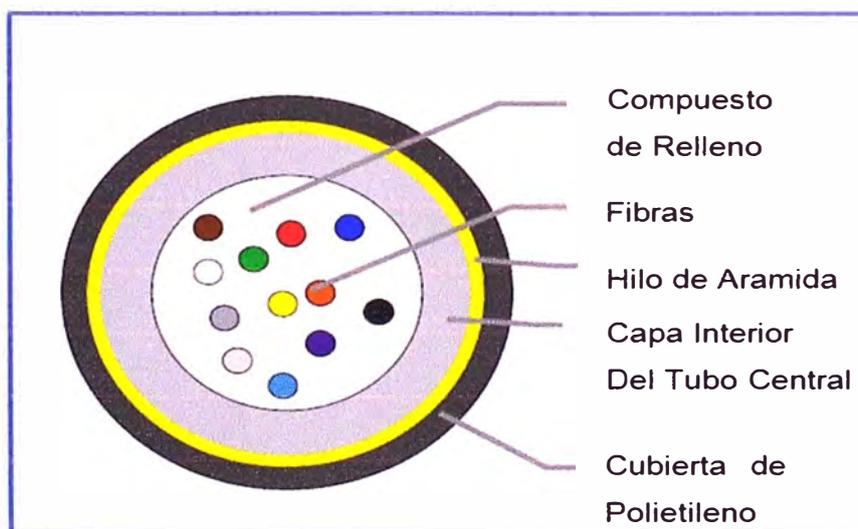


Figura 3.10 Sección de microcable de 12 Hilos

Fuente: MiniXtend Cable – Soluciones CORNING 2013.[6]

En la tabla N° 3.2 se tienen las características Mecánicas - Ópticas y Mecánicas-Ambientales.

Tabla N° 3.2 Características mecánicas – ópticas de la microfibra

Dinamómetro de la fibra a un λ 1310 nm	[μm]	9.2 ± 0.4
Dinamómetro del revestimiento	[μm]	125 ± 0.7
Dinamómetro de cable	[μm]	242 ± 5
Atenuación a 1310 nm	[dB/km]	≤ 0.36
Atenuación a 1383 nm	[dB/km]	≤ 0.36
Atenuación a 1550 nm	[dB/km]	≤ 0.22
Índice de refracción a 1310 nm		1.4676
Índice de refracción a 1550 nm		1.4682
Dispersión en el rango de 1285 a 1330 nm	[ps/(nm*km)]	≤ 3.5
Dispersión en el rango de 1550 nm	[ps/(nm*km)]	≤ 18
Longitud de la ondas de corte	[nm]	≤ 1260

Fuente: MiniXtend Cable – Soluciones CORNING 2013.[6]

Un dato importante a tomar en cuenta es la disponibilidad de bobinas de esta microfibra hasta en una longitud de 6km, la cual se tomara como tendido máximo antes de un empalme en el enlace.

Además se requerirá del empalme de un pigtail de fibra en cada extremo del enlace con conectores LC/UPC – OS2, ver figura 3.11.[42]



Figura 3.11 Pigtail de fibra monomodo LC/UPC

Fuente: <http://fibraopticasupply.com/fiber-optic-interconnection/e2000pc-single-mode-fiber-optic-pigtail/>. [42]

En las tablas N° 3.3 y N°3.4 se observan las características ópticas del pigtail y del conector.

Tabla N° 3.3 Características ópticas del pigtail CORNING

Tipo de Fibra	Monomodo
Diámetro del núcleo de la fibra	9µm
Categoría	OS2
Longitudes de ondas	1310 nm / 1383 nm / 1550 nm
Atenuación máxima	0.38 dB/km / 0.38 dB/km / 0.25 dB/km
Serial 1 Gigabit Ethernet	5000 m / - / -
Serial 10 Gigabit Ethernet	10000 / - / 40000 m
Longitud de la onda de corte	1260 nm

Fuente: MiniXtend Cable – Soluciones CORNING 2013.[6]

Tabla N° 3.4 Características ópticas del conector CORNING

Perdida insertada típica	0.15 Db
Perdida insertada, máxima	0.4 Db
Reflectancia	≤ -59 Db

Fuente: MiniXtend Cable – Soluciones CORNING 2013.[6]

D) Definición del microducto a realizar: Tomando en cuenta el micro cable a instalar cuyo diámetro es de 0.247 mm, se usara un microducto de diámetro interno de 7.5 mm de la marca TeraSpan Networks, ver figura. 3.12; conocido como SPC 12mm por su sección externa.[7]

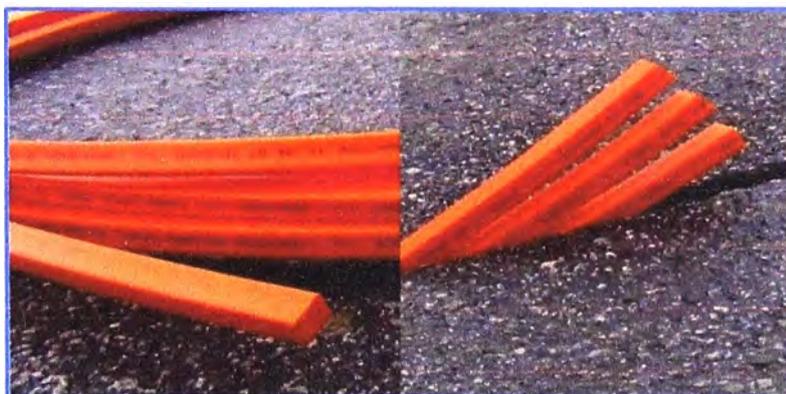


Figura 3.12 Microducto SPC 12 mm

Fuente: Teraspan Networks SPC 12mm - TERASPAN 2013.[7]

El SPC (Perfil de Ducto Cuadrado) cuyas características aparecen en la tabla N° 3.5 utiliza un perfil cuadrado, el cual permite conseguir un adecuado aplastamiento para una

buena resistencia a impactos propio de un sistema robusto en un medio ambiente de micro-zanja. El conducto se puede apilar en la micro-zanja para lograr el conteo deseado. La capacidad de utilizar un conducto para llevar a cabo todos los requisitos de la red simplifica el inventario y permite reducir los costos. El cable puede ser soplado, tirado o empujado. Para este caso se realizara el tendido del microcable por el método del soplado, y será a partir de este método de tendido, que se realizaran las estimaciones posteriores.[7]

Tabla N° 3.5 Especificaciones del SPC 12mm TeraSpam

Peso nominal	• Peso por metro --- 98 gramos (0.218lbs).
Embalaje	• 200 metros por bobina (656 feet) • Peso por 200 metros de bobina --- 19.6kg (43lbs)
Dimensiones	• 12.3mm x 12.3mm borde de cuadrado exterior (0.484") • 7.5mm borde de circunferencia exterior (0.295")
Material	• HDPE
Micro-Zanja	• Mínimo Corte de microzanja --- 13.5mm (0.53")
Máxima tracción	• 2366 N (532 lbs)
Rango de Temperatura	• Instalación. -30°C (-22°F) a +70°C (158°F) • Operación. -40°C (-40°F) a +70°C (158°F)
Radio de curvatura	• 100mm como mínimo (3.9")
Opciones del cable	• Diámetro Máximo del cable --- 6mm (0.236") (con un máximo de 72 fibras)
Herramienta de ensamblado	• kit de acoplador interno de inserción

Fuente: Teraspan Networks SPC 12mm - TERASPAN 2013.[7]

Los accesorios de los microductos con curvas horizontales se usarán para los cambios bruscos en la ruta de la microcanalización, los accesorios para cambios de nivel se usarán cuando exista cambio de tipo de terreno como es de calzada, vereda o tierra.

E) Corte de microzanja: Tomando en cuenta un microducto de 1.23 cm de ancho, se propone un micro corte de 1.27cm de ancho x 15-30cm de profundo, tomando en cuenta el tipo las calles por donde va a pasar nuestra fibra, ver figura 3.13. Se debe utilizar cortadoras de alto poder con discos de diamante. Existen varias empresas con cortadoras de este tipo (Husqvarna y CoreCut). Es de suma importancia que las cortadoras sean de suficiente potencia, siendo una cortadora de 66 Caballos de Fuerza lo ideal.



Figura 3.13 Realización de una microzanja en una superficie de asfalto

Fuente: http://www.ditchwitch.com.ve/catalogo_productos.php?MT12&CCOD=279. [43]

F) Determinación del Número de Microcámaras: Una instalación típica de micro canalizado por el método de soplado, determina de la distancias teórica entre micro cámaras de 500m, ver figura 3.14, sin embargo en la práctica este número llega a un valor no menor a 400 m. Tomando en cuenta este valor y el recorrido de 16 km para el microcanalizado, se requera de 40 microcámaras, en donde se pueden alojar empalmes, facilitar la instalación y realizar algún cambio en la dirección del cable (de ser el caso).

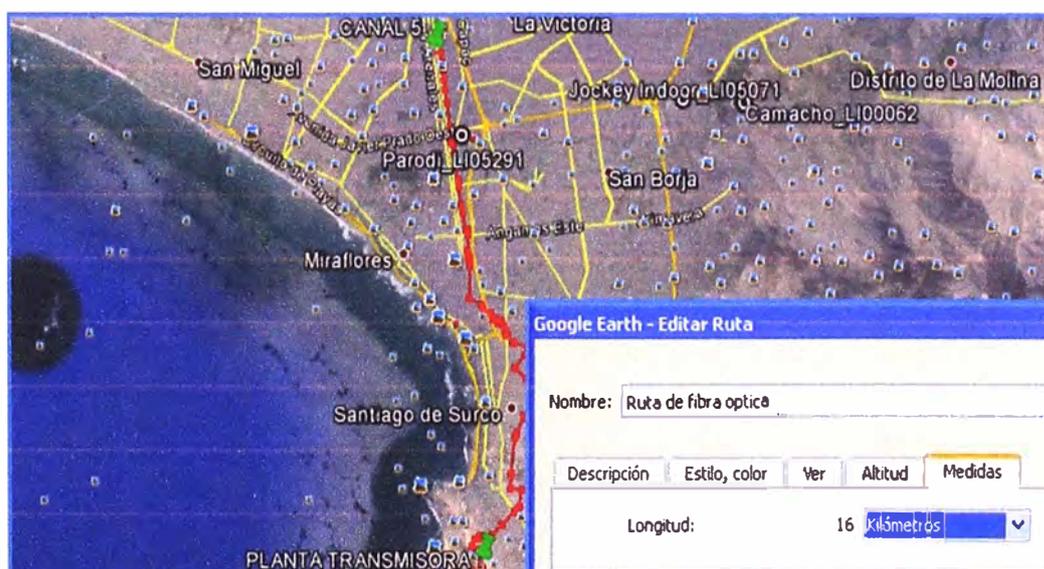


Figura 3.14 Distancia del recorrido del microcanalizado de fibra óptica

Fuente: Google Earth. [40]

La microcámara a instalar será del tipo CAN (Nodo de acceso cilíndrico), de la marca TeraSpan. Esta microcámara está hecha de un compuesto de acero galvanizado, ver figura 3.15, la CAN es lo suficientemente robusta como para su colocación en cualquier infraestructura, diseñado principalmente para carreteras y aceras. [17]



Figura 3.15 Microducto SPC 12 mm

Fuente: Teraspan - Cylindrical Access Node (CAN).[17]

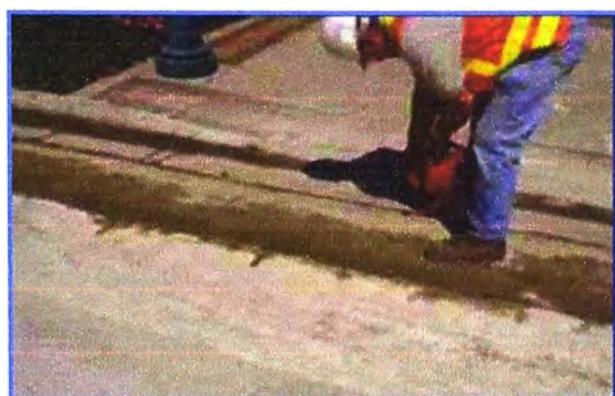
De lo anterior mostrado podemos resumir el proceso de micro canalizado en los procesos de: Cortado, Instalación, relleno y soplado, ver figura 3.16.



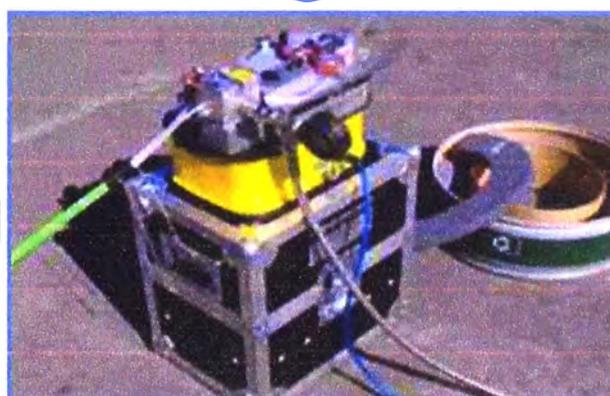
Cortado de microzanjas



Instalación de microducto



Relleno de microzanjas



Soplado de fibra.

Figura 3.16 a) Cortado de microzanjas; b) Instalación de microducto; c) Relleno de microzanjas; d) Soplado de fibra.

Fuente: Tecnología-de-Microductos-para-Soplado-de-Fibra-Óptica – Constructora COLVEN CxA 2010.[26]

3.5.2 Cálculo de los niveles de transmisión y recepción

Los receptores de luz en un enlace de fibra óptica, poseen un rango de recepción, es decir existe un valor de potencia inyectada en el receptor mínima, por debajo de la cual es imposible reconstruir la señal original (sensibilidad óptica) y existe un valor máximo de potencia inyectada en el receptor por encima de la cual, el foto detector corre el riesgo de averiarse (sobresaturación). Antes de elegir un tipo de transmisor en el mercado es necesario realizar el cálculo de atenuación y pérdidas adicionales, introducidas por la fibra óptica, los empalmes, conectores y atenuadores, para ello consideraremos un modelo común de distribución de potencia como aparece en la figura. 3.17.[3]

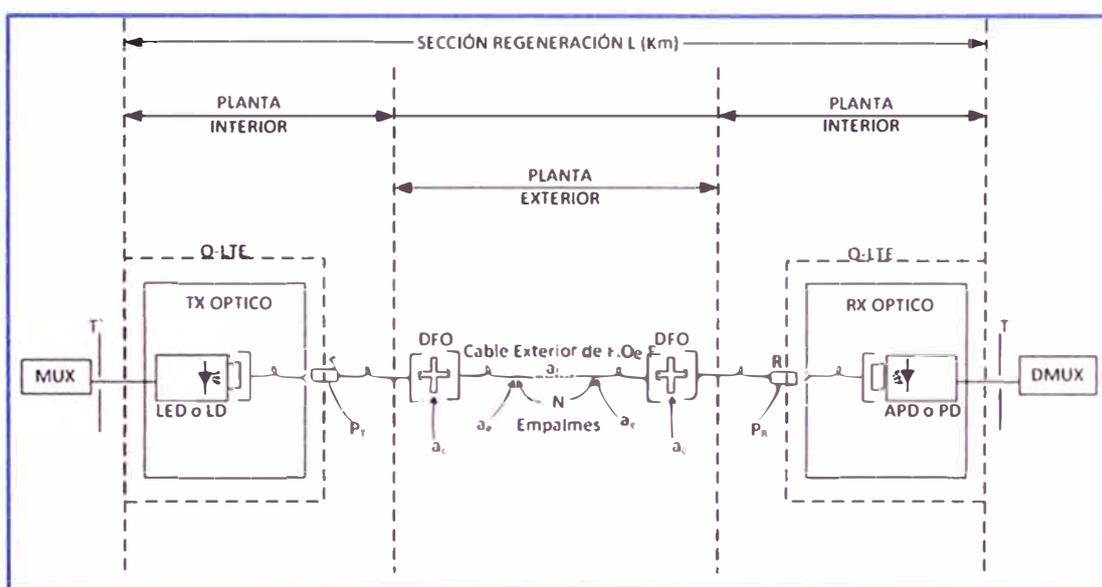


Figura 3.17 Sección de regeneración y distribución de potencia

Fuente: Diseño del sistema de transmisión - Ing. Eduardo Belleza Zamora.[3]

Tomando en cuenta las siguientes equivalencias:[14]

- A_t : Atenuación total del trayecto óptico (dB).
- α_f : Coeficiente de atenuación óptica Promedio (dB/Km).
- a_e : Atenuación promedio por empalme (dB).
- a_c : Atenuación de conectores y adaptadores del distribuidor de fibra óptica (dB).
- M_c : Margen del cable óptico = 0.2 dB / km. Valor considerado para futuras reparaciones.
- N : Número de empalmes.
- L : Longitud del enlace (km).

La ecuación 3.1 nos muestra la atenuación para un enlace de fibra óptica.

$$A_t = \alpha L + 2\alpha_c + N\alpha_e + M\alpha_L \quad (3.1)$$

Remplazando los valores y tomado en cuenta que se trabajara en la segunda ventana (1310nm), las bobinas de microfibra a usar serán de 6km de longitud y que se usara una fusionadora de la marca FURUKAWUA, la cual logra una atenuación promedio de 0,02 dB por empalme, se obtiene la siguiente igualdad.[14]

$$A_t = (0.36 \text{ dB/km}) \cdot (16 \text{ km}) + 2 \cdot (0.4 \text{ dB}) + (4) \cdot (0.02 \text{ dB}) + (0.2 \text{ dB/km}) \cdot (16 \text{ km})$$

$$A_t = 9.84 \text{ dB.} \quad (3.2)$$

La atenuación del enlace y la anchura espectral máxima determina el tipo de modulo transceptor que se usara en el enlace de fibra.

Como condición para la atenuación se debe escoger un módulo óptico que tenga un valor de transmisión de 10 dB por encima del valor de sensibilidad. En el siguiente punto se obtendrá la condición para la anchura espectral con la cual podremos definir el tipo de módulo SPF.

3.5.3 Cálculo del ancho de banda disponible

En los sistemas monomodo, para definir la capacidad del sistema frecuentemente se usa la dispersión de pulso máximo, en lugar del ancho de banda. La dispersión del pulso es el resultado de las diferencias en el tiempo de propagación de las diferentes componentes espectrales de la señal y el tipo de fibra. La dispersión en sistemas monomodo se encuentra en función de la longitud de onda.[14]

En tal sentido calcularemos el ancho de banda espectral necesario para garantizar un ancho de banda por encima de los 50 Mbps. Aunque este cálculo podría parecer innecesario dada la capacidad actual de los enlaces de fibra óptica; se realizaran los cálculos a modo de ilustración.

Estos cálculos serán de gran importancia en otros enlaces donde se requiera altas tasas de transferencia. Luego la ecuación 3.3 nos muestra como calcular la dispersión cromática de un enlace de fibra óptica monomodo del cual depende nuestra bit rate.[14]

$$\sigma_c = D_c L \sigma_\lambda \quad (3.3)$$

Y la máxima dispersión cromática permitida en un enlace de fibra óptica monomodo, para una tasa de transferencia B, viene dada por la inecuación 3.4:

$$\text{---} \quad (3.4)$$

$$\text{---} \quad (3.5)$$

Dónde:

D_c = Coeficiente de dispersión cromática o intramodal (ps/nm*km).

L = Longitud del enlace (km).

B = Tasa de transferencia (bps).

σ_λ = anchura espectral de la fuente de luz (nm).

σ_c = ensanchamiento del pulso.

Tomando en cuenta que se trabajara en la segunda ventana (1310nm), y que según la tabla N° 3.2 se tiene un coeficiente de dispersión cromática de 3.5. De ello se tiene la siguiente condición de la ecuación 3.5.[14]

$$\text{---} \quad (3.6)$$

Luego reemplazando se tiene la inequación 3.6; es decir para garantizar una tasa de transferencia de 50 Mhz, se requiere de una fuente con un ancho espectral de 89 nm como máximo. Según esta última condición y la atenuación obtenida anteriormente, usaremos un SFP o Small Form-Factor Pluggable, de la marca MRV Comunicaciones, ver figura. 3.18, el cual cumple con estas condiciones y cuyas especificaciones generales aparecen en la tabla N°3.6 y sus especificaciones ópticas en la tabla N°3.7.[9]

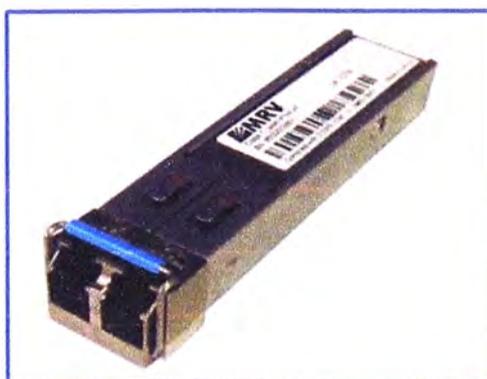


Figura 3.18 SFP para un alcance de 20 km MRV.
Fuente: Optical Communications Systems – MRV.[9]

Se tiene las siguientes tablas de especificaciones generales.

Tabla N° 3.6 Especificaciones generales del SFP MRV para 20 km.

Capacidad	1.25 Gbps
Longitud de onda de transmisión	1310 nm
Potencia de Trasmisión (mínima)	-7 dBm
Longitud de onda de recepción	1490 nm
Sensibilidad de Recepción	-20dBm
Saturación de Recepción	-3 dBm
Rango de Temperatura de Operación	-5 a 70 °C
Consumo de potencia	1 Watt

Fuente: Optical Communications Systems – MRV.[9]

Y las tablas de especificaciones ópticas.

Tabla N° 3.7 Especificaciones ópticas del SFP MRV para 20 km.

Parámetros (Trasmisor)	Símbolo	Mínimo	Máximo	Unidad
Longitud de Onda Central	λ_c	1270	1355	Nm
Potencia de salida media	P _{out}	-9.5	-3	dBm
Anchura espectral (RMS)	Σ		4	Nm
Jitter Total a 1250 Mbps	T _j		0.431	UI
Jitter Total a 1062 Mbps	T _j		0.43	UI
Jitter Determinista a 1250 Mbps	D _j		0.2	UI
Jitter Determinista a 1062 Mbps	D _j		0.21	UI
Parámetros (Receptor)	Símbolo	Mínimo	Máximo	Unidad
Longitud de Onda Central	λ_c	1260	1580	Nm
Sensitividad	-	-	-20	dBm
Potencia de Recepción	-	-3	-	dBm
Jitter Total a 1250 Mbps	T _j		0.749	UI
Jitter Total a 1062 Mbps	T _j		0.61	UI
Jitter Determinista a 1250 Mbps	D _j		0.462	UI
Jitter Determinista a 1062 Mbps	D _j		0.36	UI

Fuente: Optical Communications Systems – MRV.[9]

Según la tabla N° 3.7 este módulo posee una anchura espectral de 4 nm, cumpliendo la segunda condición y la diferencia entre los niveles de transmisión y sensibilidad es de 13 dB (cumple primera condición). Según el apartado anterior el valor de la atenuación del enlace se calculó tomando en cuenta valores máximos de atenuación para cada caso, además se tomó un margen de 3dB aproximadamente para futuras reparaciones, y se ha tomado como el mínimo valor de transmisión del módulo, es decir el valor mínimo de recepción estimado sería de 16,84 dBm, para 7dBm de potencia de transmisión.

3.6 Propuesta para el enlace de microondas

Un enlace de microondas deberá estar compuesto por una unidad interna y un sistema irradiante externa, interconectadas por una guía de onda, también se debe poseer unidades modulares, transmisor, receptor, circuito de derivación, modulador, demodulador, unidad de alimentación, unidad de alarmas y un sistema eléctrico.

La planificación para nuestro enlace backup comprende un estudio de los detalles de propagación y del sistema a usar.

Además de ello es necesario realizar un estudio previo de la línea de vista entre las ubicaciones de los puntos de nuestro ejemplo tomando en cuenta la geografía del suelo, para ello se utilizara el software Pathloss5, el cual utilizara los mapas topográficos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) y se determinara el tipo de antena, frecuencia y polarización, así como las características de propagación de la trayectoria, las atenuaciones y disponibilidad, para garantizar la factibilidad de un enlace se debe realizar un cálculo teórico de propagación, para determinar el margen del sistema ante posibles pérdidas de señal y disponibilidad.

A continuación se describen los pasos a seguir para realizar de un enlace microondas.

3.6.1 Cálculo de la visibilidad

El cálculo de la visibilidad se realizará a efecto de verificar las condiciones de línea de vista entre los puntos, es en este punto se define las alturas de las antenas en ambos extremos, los cuales surgen de la combinación de los criterios de visibilidad y reflexión que puede producirse de acuerdo al tipo de terreno. Se efectúa la estimación del factor de corrección del radio terrestre K.[36]

Según la figura 3.19 que se presenta la distancia aproximada entre ambos puntos es de 11.9 km. Para el caso del morro solar existe una torre auto soportada de más de 25 metros.



Figura 3.19 Línea a de vista para el enlace microondas
Fuente: Google Earth.

Se propone instalar la antena microondas a una altura de 15 metros, respecto al suelo. Para el caso del canal de televisión, se asumirá un edificio de altura de 16.5 metros, ver figura. 3.20. En este caso la antena se instalaría a los 5 metros de altura, respecto a un mástil de 6 metros, es decir se ubicaría la antena a un altura de 21, 5 metros de altura del suelo.[36]

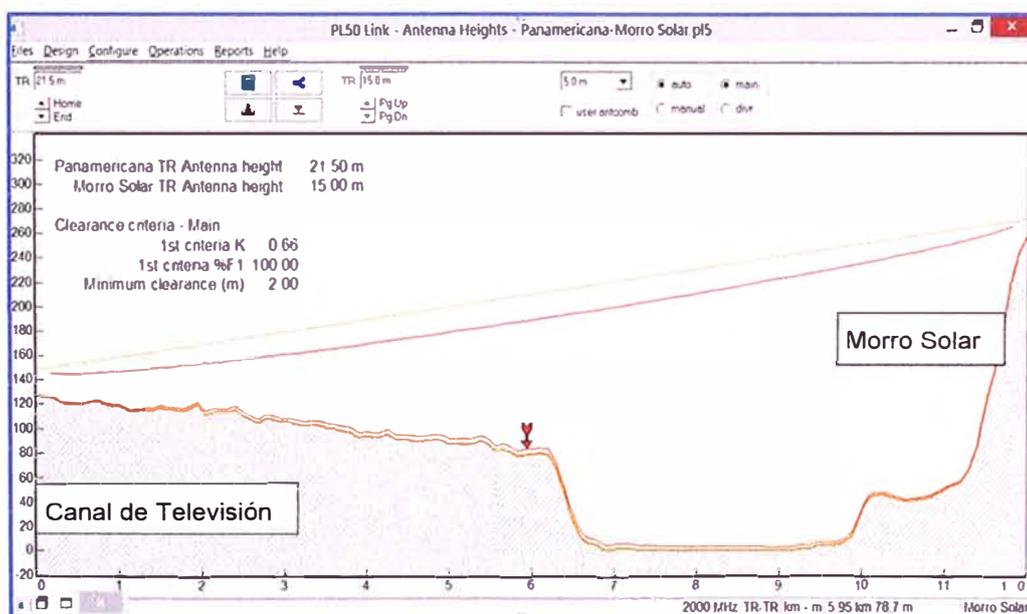


Figura. 3.20 Simulación del enlace transporte de microondas
Fuente: Path Loss 5.[34]

3.6.2 Cálculo de la potencia de recepción

Para obtener un valor aproximado de la potencia de recepción emplearemos la fórmula de Friss, la cual nos permitirá obtener el valor de la atenuación de acuerdo a la frecuencia

empleada. En la pérdida por el espacio libre, tomaremos en cuenta, la pérdida introducida por los cables que conectan, la ODU a la antena. El valor de la potencia de recepción también es resultado de las ganancias correspondiente a las antenas a instalar, ver Figura 3.21. Este enlace propone la instalación de antenas RFS modelo DA8-W57AC las cuales poseen una ganancia de 41.5 dBi y un diámetro de 2.4 mts, estos datos son de gran utilidad para realizar los cálculos de atenuación, ver tabla N° 3.8.[4]

A continuación se realizara el cálculo de la potencia de recepción.

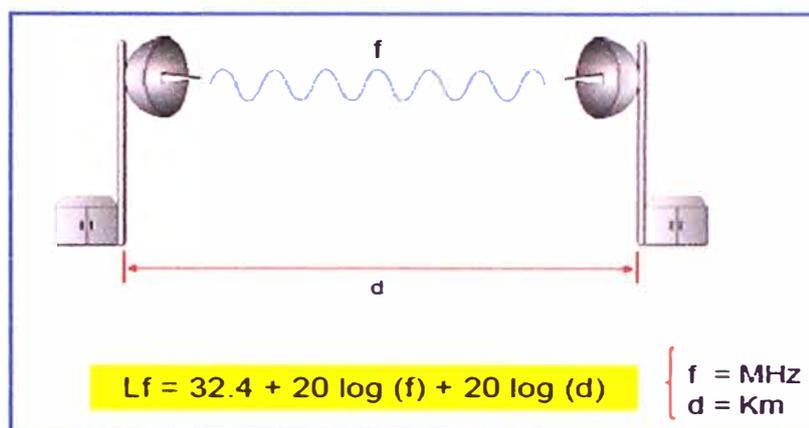


Figura 3.21 Formula de atenuación en el espacio libre

Fuente: Creación propia.

Tabla N° 3.8 Cálculo de la atenuación en el espacio libre.

Atenuación Por Espacio Libre	
Lf (dB)	
f (MHz)	6000
d (Km)	11.9
Lf	129
Pire: Potencia Radiada	
P TX (dBm)	21
P Cable TX (dB)	0.5
G Antena TX (dBi)	39.1
Pire	56.6
Nivel de Recepción	
G Antena RX (dBi)	39.1
P Cable RX (dB)	0.5
Lf	129
N RX (dB)	-30.8

Fuente: Fórmulas de radio propagación en decibelios - Juan J. Murillo-Fuentes.[4][8]

Tomando en cuenta los requisitos de transmisión, se puede usar la radio MPR 9500 (Microwave Packet Radio) de la marca Alcatel-Lucent (Fig. 3.22). El MPR es una radio digital de microondas que soporta paquetes de datos (Ethernet) para permitir el uso de la tecnología IP. [10]

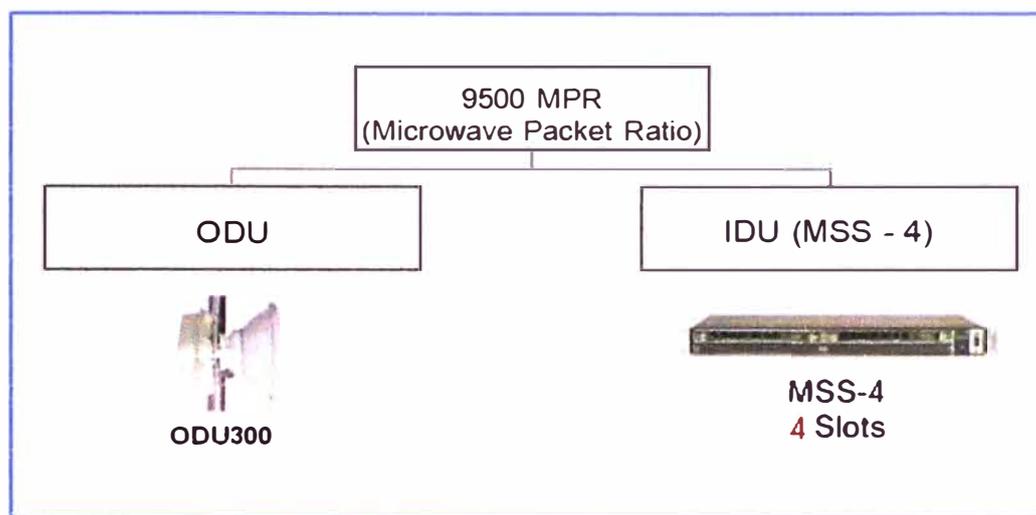


Figura 3.22 MPR 9500

Fuente: MPR_300_User_Manual_MSS-4_MSS-8 - Alcatel-Lucent 2010.[10][18]

A continuación se presentaran las características eléctricas y mecánicas de esta radio.

Características:

Tensión de ± 48 Vcc $\pm 20\%$. La radio necesita una alimentación desde ± 40.5 V y hasta ± 57.6 V. Asimismo se tendrá.

- Protección contra sobre tensiones o baja tensión en la entrada de alimentación.
- Protección contra sobrecargas de tensión o corriente en las salidas del alimentador.
- Protección contra inversión de polaridad en la entrada de alimentación.
- Indicación luminosa del correcto funcionamiento del conversor de alimentación.
- El consumo tiene que ser el menor posible a fin de reducir costos en el sistema de energía.

Respecto de las protecciones eléctricas del sistema, cuenta con 2 unidades alimentadoras (redundante) que recibirán tensión de entrada continua.

El modelo de ODU usado para esta radio es la ODU300 (Fig. 3.23). Puede trabajar en diversos rangos de las microondas así como de trabajar con diversos tipos de guías de ondas.[2]

La tabla N°3.9 presenta las características de transmisión más importantes de esta radio.

Tabla N° 3.9 Características de transmisión del MPR 9500

Rangos de Frecuencia de la ODU	5.925 - 6.425 Ghz
	7.125 - 7.9 Ghz
	7.7225 - 8.5 Ghz
	10.5 Ghz
	10.7 - 11.7 Ghz
	12.75 - 13.25 Ghz
	14.4 - 15.35 Ghz
	17.7 - 19.7 Ghz
	21.2 - 23.6 Ghz
	27.5 - 29.52 Ghz
	31.8 - 33.4 Ghz
	37.0 - 39.46 Ghz
Opción del Rango de Capacidad (E1)	4x, 8x,13x, 18x, 27x,37x, 48x,56x, 68x, 136x E1
Opción del Rango de Capacidad (Ethernet)	10,20,40,60,80,100,125,150,300 Mbps
Interfaces	1 + 4x 10/100/1000 base T
Rango de Alimentación (VDC)	(-40,5) a (-57,6)
Modulación	4, 16, 32, 64, 128 QAM

Fuente: MPR_300_User_Manual_MSS-4_MSS-8 - Alcatel-Lucent 2010.[2]

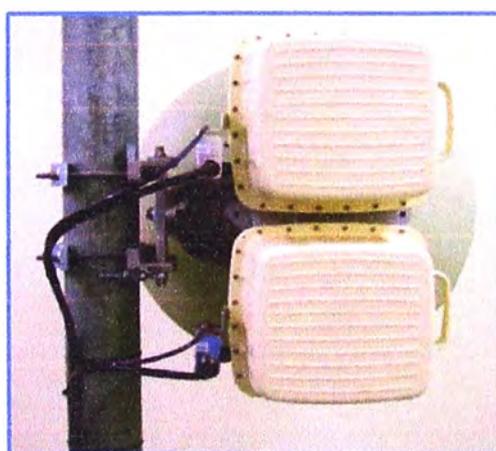


Figura 3.23 Coupler instalado con ODUs

Fuente: MPR_300_User_Manual_MSS-4_MSS-8 - Alcatel-Lucent 2010.[2]

Alcatel-Lucent tiene como interface gráfica para el MPR al Neto, ver figura 3.24, el cual nos permite configurar las características de transmisión del enlace, esto mediante el

acceso local a la radio o mediante acceso remoto (Gestor de ALCATEL-LUCENT). En este último caso es necesario asignarle un dirección IP de gestión a cada radio, y configura una vlan, como en la figura 3.25, distinta a la vlan de servicio.[18]

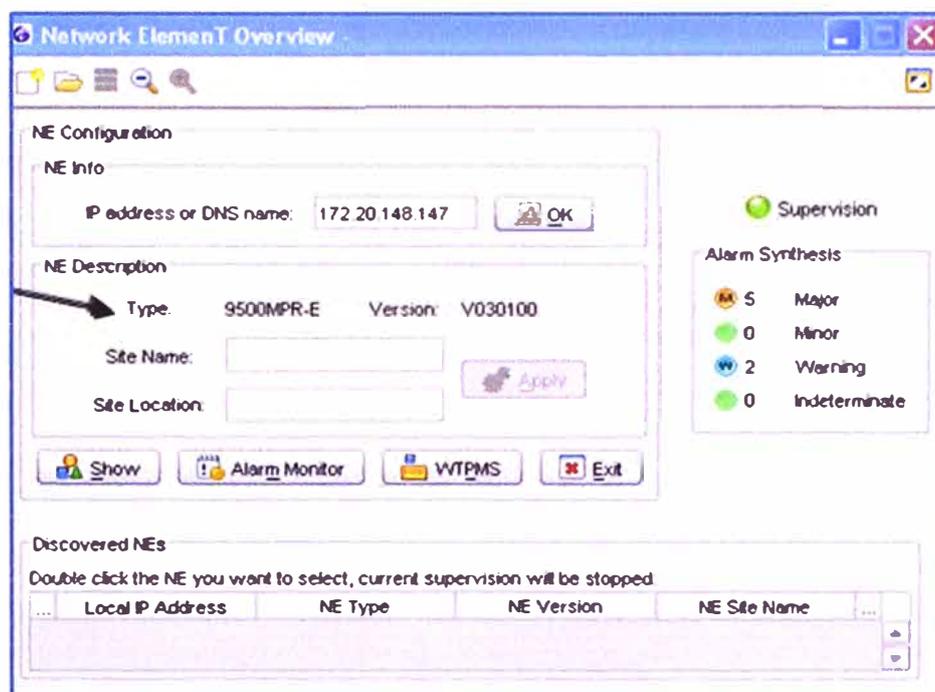


Figura 3.24 Dirección IP de una radio MPR 9500 ALCATEL-LUCENT
Fuente: MPR_300_User_Manual_MSS-4_MSS-8 - Alcatel-Lucent 2010.[11]

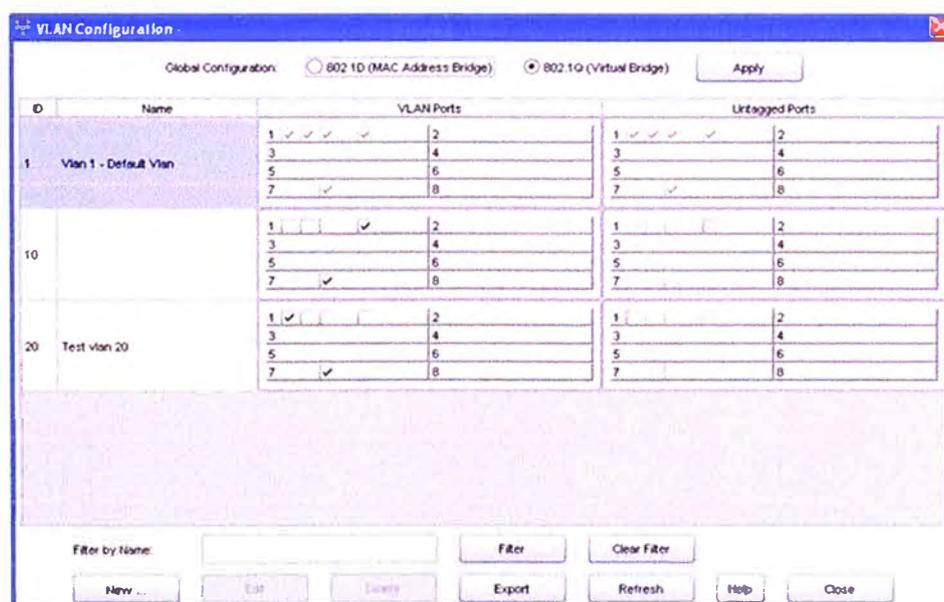


Figura 3.25 Configuración de VLAN mediante el NETO
Fuente: MPR_300_User_Manual_MSS-4_MSS-8 - Alcatel-Lucent 2010.[11]

Según los calculo previos, se estimara una potencia de trasmisión de 21 dBm. A

diferencia del enlace de fibra óptica en este caso es posible configurara la potencia de transmisión, A continuación en la figura 3.26, se ha configurado una radio MPR con una potencia de transmisión de 21dBm.[10]

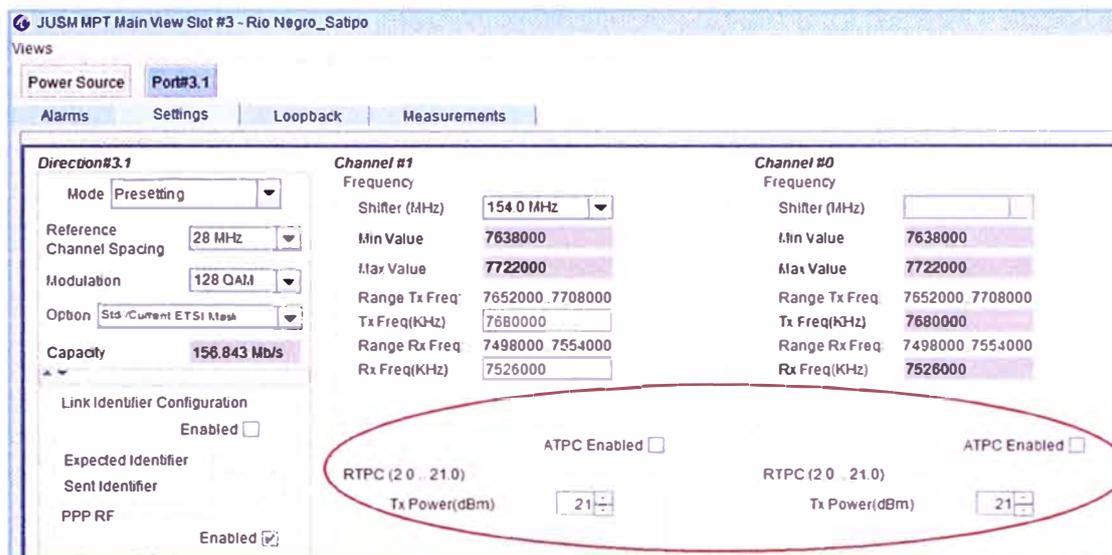


Figura 3.26 Pantalla de configuración de ODU en el NETO.

Fuente: MPR_300_User_Manual_MSS-4_MSS-8 - Alcatel-Lucent 2010.[2][11]

Concluyendo con los niveles de transmisión y recepción, de Tabla 3.9 la atenuación total efectiva desde el trasmisor hacia el receptor es de 51.8 dB, lo cual implicaría un nivel de recepción teórica de -30.8 dBm, para 21 dBm de potencia de transmisión.

3.6.3 Indisponibilidad por lluvia

Durante la propagación, en los radioenlaces troposféricos y por satélite se producen atenuaciones de la señal debidas a la absorción y dispersión causadas por la lluvia, la nieve, el granizo o la niebla. Estos efectos son importantes en el caso de sistemas que operan a frecuencias milimétricas.[38]

Aunque la atenuación causada por la lluvia puede despreciarse para frecuencias por debajo de 5 GHz, ésta debe incluirse en los cálculos de diseño a frecuencias superiores donde su importancia aumenta rápidamente. La atenuación específica debida a la lluvia puede calcularse a partir de la Recomendación UIT-R 838. Según la ecuación 3.7, la atenuación específica (γ dB/km) se obtiene a partir de la intensidad de lluvia R (mm/h) mediante la ley exponencial:[38]

$$\gamma = k (R^{\alpha}) \quad (3.7)$$

Donde k y α son constantes que dependen de la frecuencia y de la polarización de la

onda electromagnética. Y la intensidad de la lluvia tiene un valor de 95 mm/h, correspondiente a la zona N, ver tabla N°3.10, en la cual se encuentra la ciudad de Lima, para un disponibilidad del 99.99%.

De la siguiente tabla se obtendrá el valor de la atenuación específica, tomando en cuenta que para nuestro caso trabajaremos con polarización vertical a la frecuencia de 6 Ghz.

Tabla N° 3.10 Coeficientes de regresión para estimar la atenuación específica.

Frecuencia (Ghz)	Polarización Horizontal		Polarización Vertical	
	K	A	K	A
6	0,00175	1,308	0,00155	1,265
8	0,00454	1,327	0,00395	1,310
10	0,0101	1,276	0,00887	1,264
20	0,0751	1,099	0,0691	1,065
30	0,187	1,021	0,167	1,000
40	0,350	0,939	0,310	0,929
60	0,707	0,826	0,642	0,824

Fuente: Propagación por difracción - Recomendación UIT-R (ITU-R).[38]

Según lo anterior el valor de la atenuación específica por la ecuación 3.8:

$$\gamma = 0,00155(95 \exp(1,265))$$

$$\gamma = 0.49221 \text{ dB / Km} \quad (3.8)$$

A continuación se realizarán los cálculos de la atenuación por lluvia, para ello tomaremos como referencia la Rec. UIT-R P.530, la cual establece el procedimiento para calcular la atenuación producida por la lluvia a largo plazo. Esta atenuación A (dB) se calcula como:

$$A = \gamma L_{\text{eff}}, \quad (3.9)$$

Donde L_{eff} es la longitud efectiva del trayecto; luego la Atenuación por lluvia es de:

$$A = 0.49221 \text{ dB/km} \cdot (11.9 \text{ km})$$

$$A = 5.85 \text{ dB} \quad (3.10)$$

Este cálculo se realiza de acuerdo a la recomendación de la ITU. Con la intensidad de lluvia en mm/h para polarización vertical. Y permite pronosticar una caída del nivel recepción hasta -37.65 dBm, durante el 0.01% de un año.

3.6.4 Calculo del ancho de banda y asignación de frecuencia

De acuerdo a las recomendaciones de la ITU. Para el tipo de clima de la zona del departamento de Lima (mediana temperatura y humedad) y dada la distancia de 11.9 km es recomendable el uso de bajas frecuencias (menores a 10 Ghz), pues éstas son más resistentes a desvanecimientos debido a variaciones de la temperatura. Se debe determinar el ancho de banda necesario mediante el teorema de Nyquist, el cual establece que una señal limitada en banda con un ancho de banda B, queda definida mediante sus muestras tomadas a una frecuencia $F_s=2B$.

Si deseamos transmitir una señal 40 Mbps entonces el ancho de banda necesario se obtiene de:

Datos:

Net bit rate (Mb/s) = 40

Redundancia (%) = 13, 7

Modulación= 16 QAM

Roll Off= 0, 2

Cálculos:

Gross bit rate (Mb/s) = 45.48

Niveles de modulación = 4

Symbol Rate (MB/s) = 11.37

Ancho de banda (MHz) = $11.37 (1 + 0.2) = 13,64$ MHz.

Para este enlace microondas se elegirá el rango de frecuencia comprendido entre 6000 MHz – 6014 MHz para un sentido y 6020 MHz – 6014 MHz para el otro sentido. El 9500 MPR posee un Switch con servicio de Microondas (IDU) y una unidad Outdoor (ODU).

3.6.5 Disponibilidad del enlace

Debe quedar claro que los requerimientos de disponibilidad se refieren a eventos que duren más de 10 seg y que los requerimientos de funcionamiento se refieren a eventos que duren menos. Por ejemplo el desvanecimiento por multitrayecto, es un evento rápido y por lo tanto es considerado desde el punto de vista del funcionamiento. Sin embargo, en el contexto de las microondas un desvanecimiento plano causado por condiciones de multitrayecto, puede ser ignorado.

Para el caso de la disponibilidad de nuestro enlace de microondas, debemos determinar las posibles interrupciones de todo el sistema, las cuales pueden darse por interrupciones debido a desvanecimiento selectivo y plano. Para superar los desvanecimientos planos se han propuesto antenas y potencias de transmisión lo suficientemente grandes, para una distancia de 11.9 km.

Para desvanecimiento selectivo el problema no es el nivel de la intensidad de campo en el receptor sino la distorsión, para ello se empleara radios Alcatel que cuentan una buena ecualización en banda base e IF (linealizar la respuesta de frecuencia adaptivamente), como contramedida a las distorsiones.

3.6.4 Calidad

Por calidad se entiende a todos los parámetros que están relacionados con la degradación de la señal. El periodo de tiempo en el cual se evalúan los objetivos de calidad es de un mes (generalmente se hace referencia al mes de menor calidad). Es decir Calidad se relaciona con la degradación de la señal. Estas recomendaciones tienen por objeto proporcionar límites para la puesta en servicio y el mantenimiento del sistema de transmisión digital, a fin de alcanzar los objetivos de calidad de funcionamiento establecidos para un entorno multiservicios. En la práctica, en la industria se ha interpretado los objetivos como sigue:

- **Lluvia:** disponibilidad del enlace de 99,99%.
- **Difracción:** un valor mínimo de K especificado para un 99,99%.
- **Ducting:** Ignorado excepto en áreas de alto riesgo.

3.7 Equipos para el procesamiento del TS y RF

Es a través de los siguientes equipos que se procesa el audio, video y data, antes de que la trama IP sea ingresada a nuestros enlaces, además permiten amplificar y modular la señal, la cual es irradiada.

3.7.1 Micrófonos de audio para estudio de televisión

Son elementos fundamentales para la adquisición del audio ya sea en el estudio o en exteriores.[28]

A modo de ejemplo podemos considerar el micrófono AUDIO – TECHNICA AT8035 (De Tipo Cañón o Boom) el cual puede ser usado en grabaciones al aire libre, ver figura 3.27, grabaciones en set y otros usos especializados, ofrece un ángulo de aceptación estrecho adecuado para el registro de sonido a larga distancia; es importante considerar las

especificaciones que aparecen en la tabla N°3.11 de este equipos para su adecuado uso.[45]



Figura 3.27 Micrófono, AUDIO-TECHNICA AT8035

Fuente: [//www.audio-technica.com/cms/wired_mics/0576da91f00c03db/index.html](http://www.audio-technica.com/cms/wired_mics/0576da91f00c03db/index.html). [45]

Tabla N° 3.11 Especificaciones de AUDIO-TECHNICA. AT8035. [45]

Características	Detalles
Elemento	Condensador Polarizado
Respuesta de Frecuencia	40 Hz 20 KHz
Relación de Señal/Ruido	72 dB.
Alimentación	11 - 52V DC. 2mA
Dimensiones	369.0 mm de largo y 21.0 mm de Diámetro

Fuente: http://www.audio-technica.com/cms/wired_mics/0576da91f00c03db/index.html.

3.7.2 Consola de audio para estudio de televisión

Es el dispositivo encargado de administrar, mezclar y entregar la señal de audio, la misma que proviene de micrófonos, reproductores, entre otros.

A modo de ejemplo podemos considerar la consola de audio DIGITAL MIXER BEHRINGER X32, ver figura 3.28, el cual posee unidades de procesamiento y efectos digitales, además su diseño está enfocado a estudios grabación profesional, así como también para aplicaciones en vivo, además puede ser controlada remotamente por un ordenador portátil o dispositivo portátil Apple; es importante considerar las especificaciones que aparecen en la tabla N°3.12 de este equipos para su adecuado uso.

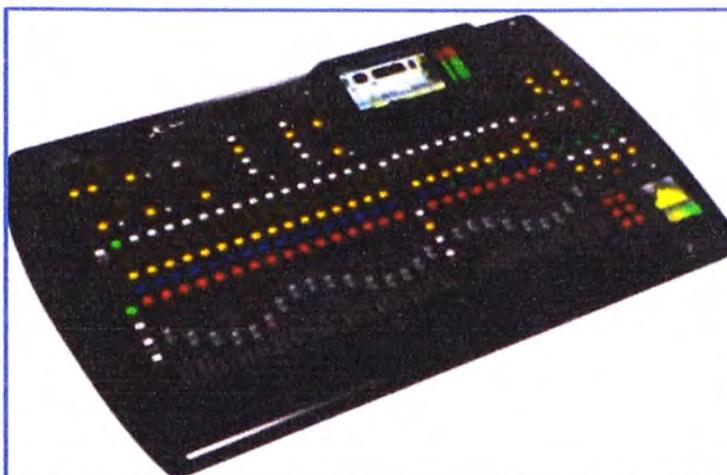


Figura 3.28 Consola de audio, Digital Mixer Behringer

Fuente: http://www.bhphotovideo.com/c/product/791831-REG/Behringer_X32_X32_32_Channel_16_Bus_Total.html. [46]

Tabla N° 3.12 Especificaciones del Behringer. Digital Mixer X3. 2013. [46]

Características	Detalles
Canales	32 canales digitales / 16 buses de mezcla
Preamplificadores de Micrófonos	Programables diseñados por MIDAS
Faders	Automatización de 100 mm
Pantalla	LCD 7" Principales Visualizadores LCD en todos los canales
Salidas	16 salidas analógicas XLR/6 salidas adicionales / 2 conectores de teléfonos / una sección Talkback
Canales Digitales Adicionales	Mediante el dispositivo SNAKE AES50
USB	Tipo A para almacenamiento de Archivos, grabaciones y actualizaciones del sistema

Fuente: http://www.bhphotovideo.com/c/product/791831-REG/Behringer_X32_X32_32_Channel_16_Bus_Total.html.

Cabe resaltar que luego de este proceso, el sonido, debe pasar; primero por un proceso de ecualización, el cual le permitirá nivelar el nivel de distorsión en la señal; y segundo por un proceso de amplificación, ver figura 3.29. [47]



Figura 3.29 Amplificador de audio, Behringer-Europower.

Fuente: <http://djmania.es/p/behringer-europower-epq1200>. [47]

3.7.3 Cámara digital para estudio de televisión

Es un dispositivo encargado de capturar y grabar imágenes para luego convertirlas en señales de video, con el fin de que sean emitidas por la televisora. A modo de ejemplo podemos considerar la cámara JVC GY-HMZIU PROHD 3D, ver figura 3.30, la cual brinda imágenes HD, SD, además de que maneja formatos de imágenes que recaigan sobre la norma ISDBT-Tb como por ejemplo MPEG-4/H.1264; es importante considerar las especificaciones que aparecen en la tabla N°3.13 de este equipos para su adecuado uso. [48]



Figura 3.30 Cámara, JVC GY-HMZIU PROHD 3D

Fuente: <http://www.riosycia.cl/#productos/producto.php?id=GYHMZ1U>. [48]

Tabla N° 3.13 Especificaciones técnicas del JVC GY-HMZIU PROHD 3D. [48]

Características	Detalles
Grabación	Full HD, 3D, 2D
Muestras por Línea	1920x1080, 960x1080
LCD	Touchscreen

Memoria	Interna 64 GB, externa SDXC, SDHC, SD
Zoon Óptico	5x en 3D y 10x en 2D
Zoon Digital	200x
Sensor de Imagen	2x 1/4.1" Type. 3.32 Mp CMOS
Formato de Video	Mpeg-4 mvc/H.264
Formato de Audio	3D AAC / 2D Digital Dolby
Salidas	1x HDMI (mini)
	1x USB 2.0 (mini)
Entradas	1x 3.5 stereo mini jack (microphone)
	2x XLR (L/R, microphone, no phantom power)

Fuente: <http://www.riosycia.cl/#productos/producto.php?id=GYHMZ1U>.

3.7.4 Software de monitoreo de multivista

Utilizado para visualizar al mismo tiempo gran cantidad de cámaras durante una grabación, en un proceso ya sea de producción o alguna otra aplicación que requiera manejar diversas imágenes con un sincronismo adecuado.

A modo de ejemplo podemos considerar el software de monitoreo FUTURE VIDEO MULTI-VIEW 2.0, ver figura 3.31, el cual es ideal para aplicaciones en donde se utilicen varias cámaras en un determinado tiempo, ya que se puede monitorear hasta 24 imágenes en una PC, además soporta diversos formatos de video así como adaptar la velocidad de reproducción.[28]

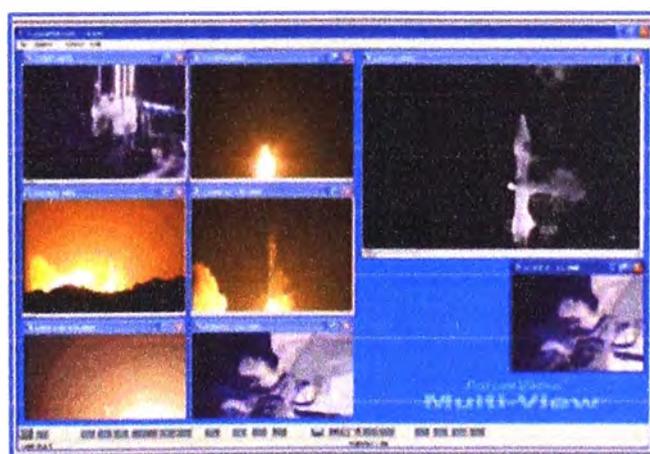


Figura 3.31 Software de monitoreo Multivista

Fuente: http://www.bhphotovideo.com/c/product/642572-REG/FutureVideo_FV0042_Multi_View_2_0_Video_Debriefing.html. [49]

3.7.5 .Codificador HD, SD, ONE-SEG.

Es un codificador /decodificador de audio y video, en este caso podemos tomar como ejemplo el codificador/decodificador Z3MVE-02, ver figura 3.32, el cual es un codificador de doble canal, el cual maneja dos canales simultáneamente, como HD/SD o HD/One-Seg; es importante considerar las especificaciones que aparecen en la tabla N°3.14 de este equipos para su adecuado uso.[28]



Figura 3.32 Codificador HD, SD, ONE-SEG, Z3 MVE-20

Fuente: www.proflixsales.com/products/encoders/z3technology/z3-technology-dual-channel-multiformat-hd-sdi-h-264-encoder-z3-mve-?virtuemart_manufacturer_id=109. [44]

Tabla N° 3.14 Especificaciones técnicas del Z3 MVE-20.[44]

Características	Detalles
Codificación de Video	<p>Interfaces:</p> <p>Entradas: HD - SDI, HDMI, DVI, Video Componente y Video Compuesto</p> <p>Salidas: ASI y Ethernet</p> <p>Características:</p> <p>Dos codificadores independientes cada uno soporta H.264 BP, MP y HP hasta 1080i o 1080p30</p> <p>Codificación para los estándares ISDB-T, DVB-H y otros estándares</p> <p>Compatible con MPEG-2 TS y RTP</p> <p>Soporta unicast y multicast</p> <p>Resolución y velocidades de fotogramas Fraccionarias</p> <p>Velocidades de bits transparentes y los cambios de velocidades de cuadro</p> <p>Video de Velocidad de cuadro: 50 Hz, 60 hz, 59.94 Hz .</p>
Codificación de Audio	<p>Interfaces:</p> <p>Fuentes: Seleccionable de 2x tomas analógicas, cualquier par de HDMI o audio embebido SDI.</p> <p>Codecs de audio:</p> <p>AAC-LC ADTS, LATAM AAC-LC, PCM y de transito AC-3</p>

Fuente: http://www.proflixsales.com/products/encoders/z3technology/z3-technology-dual-channel-multiformat-hd-sdi-h-264-encoder-z3-mve-20?virtuemart_manufacturer_id=109.

3.7.5 Adaptador de red MPEG2-TS sobre IP

Un adaptador de red proporciona una manera rentable y una solución altamente fiable para el transporte de vídeo digital contenido a través de redes IP (MPEG2-TS sobre IP). Hasta la fecha, el crecimiento de redes IP de interconexión hizo posible enviar datos de una parte del mundo a cualquier lugar sin un precio especial de infraestructuras. Aquí es donde los operadores tienen OPEX, para este caso consideraremos un adaptador de red FastCaster, ver figura 3.33.[20]



Figura 3.33 Adaptador de red FastCaster.

Fuente: FastCaster_ MPEG2-TS over IP Network Adapter - ENENSYS Technologies.[20]

A modo de ejemplo podemos considerar el Adaptador de red Fast Caster presentado en la figura anterior, el cual permite realizar la emisión o recepción de MPEG2 Transport Stream (MPEG2-TS) a través de redes IP sin la necesidad soluciones caras.

Físicamente este adaptador tiene 2 entradas ASI y 2 salidas ASI redundante reflejadas, además este adaptador de red puede convertir de IP a TS o de TS a I, además el FastCaster puede preservar redes de frecuencia única (SFN) y puede establecer la sincronizado con transmisores DVB-T / H (SFN sobre IP).[20]

3.7.7 Modulador y transmisor UHF

Este equipo es un modulador/trasmisor proyectado para la transmisión de TV digital terrestre. Para este caso se puede considerar el Modulador/Trasmisor DXT-1200U, el cual puede trabajar con la norma ISDB-Tb en frecuencias de UHF en el rango de 470Mhz a 860 Mhz.

El DTX-1200U convierte un Transport Stream de entrada (MPEG-2 TS o BTS) en una señal IF modulada en ISDB-T. La señal IF es convertida a una señal RF en la frecuencia del canal requerida dentro de la banda UHF. Finalmente, la señal RF es amplificada a un nivel de potencia promedio digital de 120 Watts (DTX-1200U). La estabilidad de la

potencia en la salida RF del transmisor es mantenida por un sistema de control automático interno, ver figura 3.34.

Este modulador deberá ser ubicado tanto en las instalaciones del cuarto de telecomunicaciones del estudio de televisión como en la plata trasmisora, esto debido a su función de adaptar la señal que contiene datos, voz y video de alta resolución al enlace microondas; es importante considerar las especificaciones que aparecen en la tabla N°3.15 de este equipos para su adecuado uso.[28]



Figura 3.34 Modulador y transmisor UHF, DTX-1200

Fuente: www.uniquesys.eu/dvb/transmitters/DTX2500U_250W_Indoor_Transmitter. [50]

Tabla N° 3.15 Especificaciones técnicas del DXT-120. [50]

Características	Detalles
Rango de Frecuencia del Trasmisor	UHF de 470 MHz a 860 MHz
Potencia	120 W
Tipo de Modulador	Modulador Universal ISDB-T integrado
Tipos de red de frecuencia que Soporta	Soporte a SFN y MFN
Interface de Usuario	Pantalla LCD (Touch screen)
Tipo de control y monitoreo	Remoto vía interfaces Ethernet y RS 485
Servidor Web	Accesible vía Ethernet (RJ45) a través de un navegador como el Internet Explore o Mozilla Fire fox
Gerenciamiento	Remoto vía SNMP
Tamaño	Ocupa solo 3 unidades (3 RU) en un rack estándar de 19 pulgadas

Fuente: ww.uniquesys.eu/dvb/transmitters/DTX2500U_250W_Indoor_Transmitter.htm

3.8 Instalación y diagrama de equipos

La unidad de radio y router se deberá instalar en un bastidor con capacidad de 8 unidades de Rack, este Bastidor deberá colocarse en un lugar con ventilación y de fácil acceso.

El Mástil instalado en la estación de televisión deberá contar con arriostres, para soportar sin problemas la antena de 2,4 mts de diámetro. El equipo de radio y las antenas se conectarán a través de las guías de onda que serán sostenidas durante su recorrido por la torre con grapas, al igual que el cableado de puesta a tierra. El router deberá manejar la conmutación de los encales en caso de fallas, mediante una configuración del protocolo OSPF en los routers. El enlace de Microondas propuesto no solo permitirá el paso de la trama Ethernet, sino que permitirá el uso de Vlans para posibles aplicaciones en caso de querer manejar distintos flujos de datos, como puede ser el caso de la gestión remota mediante la cual se podrá cambiar o verificar ciertos parámetros sin afectar el enlace; esto se logra asignando una dirección IP a cada IDU.

Según lo anterior queda claro que nuestro enlace propuesto es enteramente capaz de soportar tráfico IP no solo a nivel de servicio, sino además de gestión, ver figura 3.35.

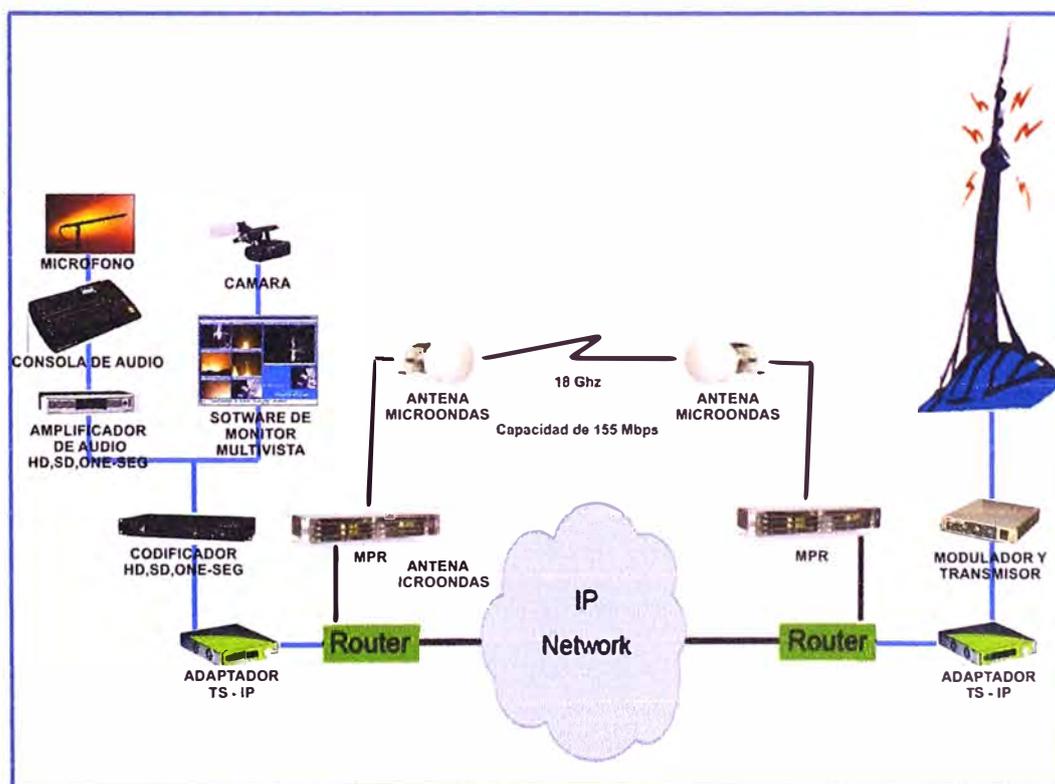


Figura 3.35 Esquema del SLT

Fuente: Introducción a la televisión digital – STB (Tecnología Superior en Broadcasting).[13]

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se analizarán los aspectos económicos de los enlaces, para esto se deben evaluar los costos de inversión CAPEX, así como los costos de operación OPEX.

4.1 Definición de CAPEX

Son inversiones de capital como compra o mejoras de activos fijos que crean beneficios. Los gastos de puesta en marcha, cubren la parte de despliegue que se deprecia con el tiempo en función de las amortizaciones del equipamiento y de las instalaciones.

Para el análisis del CAPEX (capital expenditure o gastos de capital) se consideraran los siguientes puntos.[31]

4.1.1 Bienes importados

En este rubro se incluirá, todo el equipamiento que requiere adquirir en el extranjero. Se considera a todos los equipos electrónicos de alta tecnología y que no se fabrican en el país, los cuales son:

- Equipo de radio microondas digital (ODU e IDU)
- Antenas
- Tranceiver
- Router

4.1.2 Bienes locales

En este rubro se incluirá los materiales de instalación, como los bienes que por su costo y disponibilidad conviene ser adquiridos en el mercado nacional, como:

- Bastidores.
- Cable RF
- Microfibra
- Microductos

- Microcamaras
- Pigtail
- Cable para Energizado
- y otros (señalizadores, rotuladores,)
- Gastos referidos a la infraestructura (construcción del cuarto de equipos o acondicionamiento, mástil y soportes para las antenas).

4.1.3 Servicios de instalación

En este rubro se incluirá, todos los costos relativos a los gastos referidos a la instalación de la red y al personal que lo realizará.

- Instalación de fibra óptica (planta externa)
- Instalación del enlace de microondas.
- Instalación del mástil y soportes.
- Instalación de bastidores.
- Energizado, configuración, pruebas y puesta en servicio de los enlaces.
- Transporte y acarreo.

4.2 Definición de OPEX

Permite el cálculo de los gastos operativos, que permiten mantener la infraestructura en servicio y operativa después de dar el servicio al primer usuario o cliente, incluyendo no solo los aspectos técnicos sino también los aspectos de comercialización del servicio, marketing y publicidad, administración, etc.[31]

Para el análisis del OPEX (operating expenditure) se consideraran los siguientes rubros.

- Operación y mantenimiento.- Son los costos fijos necesarios para la operación y mantenimiento de la red a fin de garantizar una alta calidad del servicio a los clientes.
- Uso de espectro de frecuencias.- Costos relativos al canon que la empresa deberá pagar al Estado por el uso del espectro radioeléctrico.
- Gastos de energía.- Costos relativos al consumo de energía eléctrica y consumo de combustible para los generadores de energía.
- Costo de seguridad.- Costos para el personal de vigilancia o cámaras de video

4.3 Cálculo del CAPEX y OPEX

Definidos los conceptos de CAPEX y OPEX se procede a realizar los cálculos de cada uno de acuerdo a lo mencionado en los puntos anteriores.

4.3.1 Cálculo del CAPEX

El costo de los equipos de transmisión como router y Radio digital de microondas, dependerá de la configuración como tarjetería o módulos necesarios para el funcionamiento de los enlaces. El cálculo del CAPEX se puede realizar mediante un excel detallando cada gasto involucrado con las herramientas, materiales y mano de obra por la instalación de los mismos, los cuales se detallan en la tabla N° 4.1 y tabla N° 4.2.[31]

Tabla N° 4.1 Precios y cantidades de los equipos y materiales para los enlaces

ITEM	EQUIPO	PRECIO UNID. US\$	CANT.	UNID.	PRECIO TOTAL
1	MSS 4 MPR-ALCATEL (IDU) y ODU300	15,000.00	2	UNI	30,000.00
3	Antena RFS DA8-W57AC 2,4 m	7,500.00	2	UNI	15,000.00
4	Tranceiver para 30 Km	300.00	2	UNI	600.00
5	Router SAR A Alcatel – Lucent	2,500.00	2	UNI	5,000.00
6	Bastidores	2,000.00	2	UNI	4,000.00
7	Cable coaxial (RF) EWP77	33.00	40	MTS	1,320.00
8	Cable Clamp para Amarar coaxial a la Torres	9.00	50	UNI	450.00
9	Micro cable óptico de 12 fibras, G.652D	995.19	16	KM	15,923.24
10	Microducto de perfil cuadrado 12 mm	3.26	16	KM	52,160.00
11	Acoplador interno SPC de 12 mm	7.67	8	UNI	613.60
12	Cámara de empalme CAN 9"	625.48	40	UNI	25,019.20
13	Pigtail LC/UPC	3.35	6	UNI	20.10
14	Cable de AWG 14 mm Azul	1.9	10	MTS	19.00

15	Cable de AWG 14 mm Negro	1.9	10	MTS	19.00
16	Kit de Conexión a Tierra	50.00	2	UNI	100.00
17	Marcador para terreno sellado - Marcador para infraestructura dura	1.35	1,000	UNI	1,350.00
18	Soporte para antena de 2,4m	450.00	1	UNI	450.00
19	Mástil de 6 m con arriostre		1	UNI	800.00
21	Panel de distribución AC/PDB	1,400.00	2	UNI	2,800.00
22	Banco de Baterías	75, 000.00	2	UNI	150,000.00

Fuente: Cotizaciones Alcatel-Lucent.[15]

Tabla N° 4.2 Precios de los servicios de instalación para los enlaces

ITEM	TIPO DE SERVICIO	CANAL DE TV	MORRO SOLAR	PRECIO
				TOTAL. US\$
1	Instalación Del Enlace Microondas	si	si	5,000.00
2	Instalación del Tendido de Fibra Óptica	si	si	800,000.00
3	Instalación de los Routers	si	si	4,500.00
4	Instalación de los Bastidores	si	si	1,200.00
5	Instalación de Mástil de 6mts con Arriostre	si		1,500.00
6	Instalación de Soporte		si	300.00
7	Obras Civiles	si	si	10, 000.00

Fuente: Cotizaciones Alcatel-Lucent.[15]

Nota: Incluye transporte, instalación, alquiler de equipos de medición. Dos cuadrillas, trabajando enlace x enlace.

Las condiciones generales del equipamiento son las siguientes:

- i) El Precio en **US\$**, no incluyen IGV.
- ii) El plazo de entrega de los equipos es de 8 a 10 semanas. Cabe resaltar que los precios obtenidos son referenciales y pueden variar a lo largo del tiempo según la evolución de la tecnología.

4.3.2 Cálculo del OPEX

En los gastos de operación y mantenimiento se tomara en cuenta:

- Costo de personal para mantenimiento de la red.
- Bienes y materiales necesarios para un correcto mantenimiento.

Alquiler del uso de frecuencia.- Los montos por concepto de Canon por el uso del espectro correspondiente al periodo de un año, y de conformidad con lo establecido en el Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones.

El cobro se hace por un porcentaje de la UIT que actualmente es S/. 3, 650.00 por cada estación terrestre que utilice el sistema de transmisión y por capacidad instalada en el sistema, esto se detalla en la tabla N° 4.3.[31]

Tabla N° 4.3 Costo por tasa de transferencia

Capacidad	Costo (Nuevos Soles)
Hasta 2.048 Mbits/seg	292.00
Mayor que 2.048 Mbits/seg hasta 8,448 Mbits/seg	438.00
Mayor que 8,448 Mbits/seg hasta 34,368 Mbits/seg	584.00
Mayor que 34,368 Mbits/seg	730.00

Fuente: MTC (Ministerio de transporte y comunicaciones)

Otro punto a tomar en cuenta son los gastos relativos al consumo de energía por estación, en estos gastos se pueden considerar tanto la eléctrica como el combustible para los generadores de respaldo, aire acondicionado (de ser el caso), iluminación y alimentación de la estación, entre otros.

4.4 Diagrama de GANTT

A través de esta popular herramienta gráfica se puede mostrar el tiempo de dedicación previsto para las diferentes actividades a lo largo del tiempo total determinado para estos enlaces.

4.4.1 Elaboración del diagrama de Gantt para los enlaces de transporte

Para este caso el diagrama de Gantt debe mostrar los diversos procesos involucrados en la consolidación de nuestros enlaces como, el diseño, adquisición, instalación etc, ver tabla N° 4.4. Supondrá como fecha inicial el 1 de Julio del año 2014; según la figura 4.1 se puede construir un diagrama de barras detallando el tiempo de ejecución de cada uno de estos procesos.

Tabla N° 4.4 Cuadro de plazos para los enlaces SLT

Actividades	Inicio	Duración (días)	Fin
Diseño de los Enlaces	01/07/2014	3	04/07/2014
Adquisición de Equipo y Materiales	06/07/2014	70	14/09/2014
Delivery de los Equipos	14/09/2014	1	15/09/2014
Instalación Planta Interna y Obras civiles	15/09/2014	7	22/09/2014
Proceso de Instalación Enlace Microondas	23/09/2014	3	26/09/2014
Proceso de Instalación Enlace de Fibra	15/09/2014	30	15/10/2014
Pruebas de Funcionamiento	16/10/2014	2	18/10/2014
Entrega del trabajo	19/10/2014	1	20/10/2014
Capacitación del Cliente	21/10/2014	2	23/10/2014

Fuente: www.projectmanager.com. [31]

**Figura 4.1** Diagrama de Gantt para los enlaces SLT

Fuente: www.projectmanager.com. [31]

CONCLUSIONES

En el presente informe se realizó una propuesta de diseño de un sistema de transporte de televisión digital HD, después del análisis costo-beneficio obteniéndose las siguientes conclusiones:

1. Los sistemas de comunicaciones por fibra óptica son la mejor solución para redes de transporte de video digital, debido a la integridad que le da a la señal, esto gracias su inmunidad a los efectos de inducción de un campo electromagnético. Además de permitir reutilizar este enlace para mayores tasas, con solo cambiar los SFP en los extremos del enlace.
2. Es claro que la necesidad de un enlace backup es ofrecer mayor disponibilidad del servicio, adema de ello cuenta con la tecnología Ethernet, necesaria para el empaquetamiento IP.
3. En comparación con los tipos de canalizados de fibra óptica por zanja, el Canalizado Por micro zanja, nos ofrece un tiempo y costo considerablemente reducido.
4. El uso de empaquetado tipo IP permite el uso de la tecnología de circuitos virtuales "Vlans" que a su vez permitirá diferenciar servicios, gestión o algún otro tipo de información que pueda necesitar la televisora.
5. La red de comunicaciones planteada es una necesidad para el desarrollo las comunicaciones de difusión en la región de Lima, en el sentido que transporta no solo imágenes de alta definición con fine de entretenimiento, sino que además soporta el envío de información de los usuarios a las televisoras con la finalidad de promover la interactividad y que en un futuro no muy lejano podría contribuir con la mejora en la calidad de vida de la sociedad.
6. El presente informe ha tratado de abordar los puntos más importantes, involucrados en el despliegue de una red de trasporte para una adecuada implementación, de la Televisión digital, que ya se viene implementando en el país vía satélite.

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes Bibliográficas

- [1] Informe anual de evaluación del proceso de implementación de la televisión digital terrestre (TDT) en el Perú 2012 – MTC.
- [2] Alcatel – Lucent, “Manual de Ingeniería de Sistemas de Radioenlaces” - 2012.
- [3] Dispositivos Ópticos Activos B&Z TELECOM-Mayo 2013 – Ing. Eduardo Belleza Zamora.
- [4] Datasheep de antenas de microondas RFS - 2013.
- [5] Transmisión de datos y redes de ordenadores – DECSAI , Dpto de Ciencias de la Computación (Universidad de Granada)
- [6] MiniXtend Cable – Soluciones CORNING 2013
- [7] Teraspan Networks SPC 12mm - TERASPAN 2013.
- [8] AWS Microwave Antenna System Relocation Kit - RFS 2006
- [9] Optical Communications Systems – MRV_SFP-GD-LX 2010
- [10] Alcatel-Lucent, “Microwave Packet Radio 9500 MPR” - 2012.
- [11] Manual del Software NETO para Microondas - 2012
- [12] Transmisión de Televisión: El sistema de transporte en televisión digital Constantino Pérez Vega 2004.
- [13] Introducción a la Televisión Digital – STB (Tecnología Superior en Broadcasting).
- [14] Diseño del sistema de transmisión - Ing. Eduardo Belleza Zamora 2013.
- [15] Cotización Telmark (Para materiales para un enlace de microcanalizado de fibra óptica) – 2013.
- [16] Tecnología-de-Microductos-para-Soplado-de-Fibra-Óptica 2010.
- [17] Teraspan - Cylindrical Access Node (CAN) 2013.
- [18] MPR_300_User_Manual_MSS-4_MSS-8 - Alcatel-Lucent 2010.
- [19] Televisión Digital: Compresión: MPEG 2 vs. MPEG 4 - Ing. Roberto Lauro, Copitec, Argentina - 2011.
- [20] FastCaster_ MPEG2-TS over IP Network Adapter - ENENSYS Tegnologies 2009.
- [21] Introducción a los sistemas transmisores de TV - Constantino Pérez Vega - 2005
- [22] ISDB-T Tecnologías de Transmisión y Sistemas de Alerta de Emergencia – Masayuki, Takada (DIBEG).
- [23] Televisión Digital Terrestre (TDT): Consideraciones sobre los codificadores de vídeo MPEG-2 y MPEG-4”- Dr. Guillermo Kemper Vásquez.
- [24] Despliegue del ISDB-T en Perú 2009 – Ing. Marcial Lopez Tafur.

- [25] Ventajas de ISDB-T para el Estado Plurinacional de Bolivia 2009 - Ing. Yasushi Furukawa.
- [26] Tecnología de Microductos para Soplado de Fibra Óptica – Constructora Colven.
- [27] Compresión de Video – Luis Degregori C. 2013.
- [28] Análisis de la Migración de Equipamiento Usado por Proveedores de Televisión Digital Terrestre “TDT” en Colombia -2008.
- [29] Recomendaciones ITU-R Bt.601-7 - 2013.

Otras Fuentes De Información

- [30] <http://ronaldreales.wordpress.com>.
- [31] www.projectmanager.com
- [32] <http://migraciondigitalperu.blogspot.com/2012/04/apagon-analogico-en-el-peru.html>
- [33] <http://oirverycontar.wordpress.com/2011/09/>
- [34] [http://www.pathloss.com/pwiki/index.php?title=Pathloss 5 - Where to begin](http://www.pathloss.com/pwiki/index.php?title=Pathloss_5_-_Where_to_begin)
- [35] <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/index.html>
- [36] www.rfsworld.com
- [37] [http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns1043/ns1106/ns1110/white paper c11-637029.html](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns1043/ns1106/ns1110/white_paper_c11-637029.html)
- [38] <http://www.itu.int/es/ITU-R/Pages/default.aspx>
- [39] [http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes - pasivos/microzanas-para-la-instalacion-de-fibra-optica/](http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/microzanas-para-la-instalacion-de-fibra-optica/)
- [40] <http://www.google.com/earth/index.html>
- [41] <http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/microzanas-para-la-instalacion-de-fibra-optica/>
- [42] [http://fibraopticasupply.com/fiber-optic-interconnection/e2000pc-single-mode-fiber-optic-pigtail/.](http://fibraopticasupply.com/fiber-optic-interconnection/e2000pc-single-mode-fiber-optic-pigtail/)
- [43] [http://www.ditchwitch.com.ve/catalogo_productos.php?MT12&CCOD=279.](http://www.ditchwitch.com.ve/catalogo_productos.php?MT12&CCOD=279)
- [44] [www.profixsales.com/products/encoders/z3technology/z3-technology-dual-channel-multiformat-hd-sdi-h-264-encoder-z3-mve-?virtuemart manufacturer id=109.](http://www.profixsales.com/products/encoders/z3technology/z3-technology-dual-channel-multiformat-hd-sdi-h-264-encoder-z3-mve-?virtuemart_manufacturer_id=109)
- [45] http://www.audio-technica.com/cms/wired_mics/0576da91f00c03db/index.html
- [46] [http://www.bhphotovideo.com/c/product/791831-REG/Behringer X32 X32 32 Channel 16 Bus Total.html.](http://www.bhphotovideo.com/c/product/791831-REG/Behringer_X32_X32_32_Channel_16_Bus_Total.html)
- [47] [http://djmania.es/p/behringer-europower-epq1200.](http://djmania.es/p/behringer-europower-epq1200)
- [48] <http://www.riosydia.cl/#productos/producto.php?id=GYHMZ1U>
- [49] [http://www.bhphotovideo.com/c/product/642572-REG/FutureVideo FV0042 Multi View 2 0 Video Debriefing.html.](http://www.bhphotovideo.com/c/product/642572-REG/FutureVideo_FV0042_Multi_View_2_0_Video_Debriefing.html)
- [50] [http://www.uniquesys.eu/dvb/transmitters/DTX2500U 250w Indoor transmitter.htm](http://www.uniquesys.eu/dvb/transmitters/DTX2500U_250w_Indoor_transmitter.htm)

ANEXO A

GLOSARIO DE TERMINOS

TDT: Es una aplicación de un conjunto de tecnologías de transmisión y recepción de imagen, sonido y datos que codifican digitalmente la señal de televisión, convirtiéndola en una serie de números ceros y unos los cuales son transmitidos en determinadas frecuencias de espectro electromagnético, permitiendo que la imagen y sonido sea recibida con mayor nitidez.

ISDB-Tb: (Services Digital Broadcasting, Terrestrial, Brazilian version) es un estándar para transmisión de televisión digital terrestre desarrollado en Brasil, y está basado en la norma japonesa ISDB, pero presenta una serie de diferencias con el objeto de mejorar la calidad de la señal y reducir los costos de fabricación e implementación.

DVB-T: (Difusión de Video Digital- Terrestre) Es el estándar para la transmisión de televisión digital terrestre creado por la organización europea DVB. Este sistema transmite audio, video y otros datos a través de un flujo MPEG-2, usando COFDM.

SLT: (Studio Transmitter Links) Es un enlace de una emisora de radio o estación de televisión de audio y vídeo hacia su transmisor localizado en otra ubicación.

One Seg: (one segment) Es un servicio de transmisión de televisión digital terrestre y datos complementarios, diseñado para ser captado en dispositivos móviles. Forma parte del sistema ISDB-T de televisión digital.

OFDM: (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Es un método de codificación de datos digitales en múltiples frecuencias portadoras. OFDM se ha convertido en un esquema popular para la comunicación digital de banda ancha,

ya sea inalámbrica o por cables de cobre, que se utiliza en aplicaciones tales como la televisión digital y la radiodifusión de audio, conexión a Internet ADSL, redes inalámbricas, redes de líneas de alta tensión, y las comunicaciones móviles 4G.

BST- OFDM: Es el esquema de transmisión que utiliza la norma ISDB-T en la cual divide el ancho de banda del canal en 13 segmentos. Cada segmento está compuesto por una cantidad de subportadoras de datos definidas por el modo de transmisión. El tiempo de símbolo OFDM queda determinado por la inversa del ancho de banda ocupado por cada subportadora.

MPEG-2: (Moving Pictures Experts Group 2) Es la designación para un grupo de estándares de codificación de audio y vídeo acordado por MPEG (grupo de expertos en imágenes en movimiento), y publicados como estándar ISO 13818. MPEG-2 es por lo general usado para codificar audio y vídeo para señales de transmisión, que incluyen televisión digital terrestre, por satélite o cable. MPEG-2. Con algunas modificaciones, es también el formato de codificación usado por los discos SVCD y DVD comerciales de películas.

MPEG-4: (Moving Pictures Experts Group 4) Es un método para definir la compresión de los datos digitales de audio y visuales (AV). Fue introducido a finales de 1998 y se designó un estándar para un grupo de audio y de vídeo de codificación de formatos y tecnologías conexas acordadas por la ISO / IEC .

MPEG-4 AAC: Es una aplicación de MPEG-4 AAC Decoder la cual fue diseñada para ser un decodificador de audio de línea de comandos AAC/MP4 para Win32. Soporta varios perfiles (LC, LTP, principal, LD, HE, HEv2...) y secuencias AAC/MP4 de reproducción.

VRML: (Virtual Reality Modeling Language) Es un formato de archivo normalizado que tiene como objetivo la representación de escenas u objetos interactivos tridimensionales; diseñado particularmente para su empleo en la web. Se usa por medio de comandos en inglés, los cuales agregan y determinan las características. VRML posibilita la descripción de una escena compuesta por

objetos 3D a partir de prototipos basados en formas geométricas básicas o de estructuras en las que se especifican los vértices y las aristas de cada polígono tridimensional y el color de su superficie.

Middleware Ginga: Es un conjunto de softwares ubicados entre el código de las aplicaciones y la infraestructura de ejecución (plataforma de hardware y sistema operativo). Un middleware para aplicaciones de TV digital consta de máquinas de ejecución de los lenguajes ofrecidos y librerías de funciones, que permiten el desarrollo rápido y fácil de aplicaciones.

Fotodiodos APD: Los fotodiodos de avalancha (Avalanche PhotoDiode) son foto detectores que se pueden considerar como el equivalente semiconductor de los fotomultiplicadores. Aplicando un alto voltaje en inversa (típicamente 100-200 V en silicio), los APD muestran un efecto interno de ganancia de corriente (aproximadamente 100) debido a la ionización de impacto (Efecto avalancha). Sus aplicaciones son múltiples en la actualidad.

TCP/IP: Es un modelo de protocolos de red que describe un conjunto de guías generales de diseño e implementación de protocolos específicos para permitir que un equipo pueda comunicarse en una red. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando cómo los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario.

OSI: (OpenSystem Interconnection) Es un modelo conceptual que caracteriza y normaliza las funciones internas de un sistema de comunicación mediante la partición en capas de abstracción.

SMTP: (Simple Mail Transfer Protocol), Es un protocolo de red utilizado para el intercambio de mensajes de correo electrónico entre computadoras u otros dispositivos (PDA, teléfonos móviles, etc.)

FTP: (Protocolo de Transferencia de Archivos) Es un protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP (Protocolo de control de transmisión), basado en la arquitectura cliente-servidor.

TELNET: (TELEcommunication NETwork) Es el nombre de un protocolo de red que nos permite viajar a otra máquina para manejarla remotamente como si estuviéramos sentados delante de ella. Para que la conexión funcione, como en todos los servicios de Internet, la máquina a la que se acceda debe tener un programa especial que reciba y gestione las conexiones.

ICMP: (Internet Control Message Protocol) Es uno de los principales protocolos de la suite de protocolo de Internet. Es utilizado por los dispositivos de red, como routers, para enviar mensajes de error que indica, por ejemplo, que un servicio solicitado no está disponible o que un host o router no pudieron ser contactados. ICMP también puede ser utilizado para retransmitir mensajes de consulta a través de las redes de área local.

UDP: (User Datagram Protocol) Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas (Encapsulado de capa 4 Modelo OSI). Permite el envío de datagramas en la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en la cabecera del paquete.

TCP: (Transmission Control Protocol), Es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por computadoras, pueden usar TCP para crear conexiones entre sí a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.

VLAN: (Virtual LAN) Es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física. 1 Varias VLAN pueden coexistir en un único conmutador físico o en una única red física.

OSPF: (Open Shortest Path First) Es un protocolo de enrutamiento jerárquico de pasarela interior, de investidura dinámica igp (interior gateway protocol), que usa el algoritmo smooth wall dijkstra enlace-estado (Ise - link state algorithm) para calcular la ruta más corta posible, utilizando la métrica de menor costo, por

ejemplo una métrica podría ser el menor costo. usa el costo como su medida de métrica. además, construye una base de datos enlace-estado (link-state database, Isdb) idéntica en todos los enrutadores de la zona.

Backbone: Se refiere a las principales conexiones troncales ya sea de internet u otra red de considerable tamaño. Está compuesta de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios y otros de gran capacidad interconectados que llevan los datos a través de países, continentes y océanos del mundo mediante cables de fibra óptica.

Fibra Monomodo: Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Esto se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 400 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gbit/s).

Fibra Multimodo: Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 2 km, es simple de diseñar y económico.

Microducto: Los Microductos son pequeños ductos de polietileno de alta densidad especialmente diseñados para ser instalados en ductos existentes. Pueden ser instalados según se vayan requiriendo, permitiendo el crecimiento controlado de redes de cable, fibra óptica, banda ancha etc.

Microcámaras: Son pequeños compartimentos ubicados en el recorrido del cableado de planta externa de un enlace de fibra óptica el cual nos permitirán alojar empalmes, además de facilitar la instalación y realizar algún cambio posterior a la instalación.

SFP: (Small form-factor pluggable) Es un transceptor compacto y conectable en caliente utilizado para las aplicaciones de comunicaciones de datos y telecomunicaciones. Están diseñados para soportar Sonet, canal de Fibra, Gigabit Ethernet y otros estándares de comunicaciones.

SRTM: (Shuttle Radar Topography Mission), Son datos digitales de elevación producido por la NASA los cuales son de gran uso en la cartografía digital del mundo, y ofrece un gran avance en la accesibilidad de los datos de elevación de alta calidad para una gran parte de los trópicos y en otras áreas del mundo en desarrollo.

CAPEX: (CAPital EXpenditures), Son inversiones de capital que crean beneficios. Un CAPEX se ejecuta cuando un negocio invierte en la compra de un activo fijo o para añadir valor a un activo existente con una vida útil que se extiende más allá del año imponible. Los CAPEX son utilizados por una compañía para adquirir o mejorar los activos fijos tales como equipamientos, propiedades, edificios industriales y otros elementos que ayuden al desarrollo de la empresa.

OPEX: (Operating expense), Es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales.

Diagrama de GANTT: El diagrama de Gantt es una útil herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de esto, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades.