

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Evaluación de los parámetros para la transición analógico-digital
de una estación del servicio de radiodifusión por televisión
terrestre**

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones.

Elaborado por

Yenny Bejar Palomino

 [0009-0009-7464-1816](https://orcid.org/0009-0009-7464-1816)

Asesor

MSc. Paul Fernando Troncoso Castro

 [0009-0003-9213-5913](https://orcid.org/0009-0003-9213-5913)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Bejar Palomino [1]
Referencia/Reference	[1] Y. Bejar Palomino, " <i>Evaluación de los parámetros para la transición analógico-digital de una estación del servicio de radiodifusión por televisión terrestre</i> " [Trabajo de suficiencia profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Bejar, 2025)
Referencia/Reference	Bejar, Y. (2025). <i>Evaluación de los parámetros para la transición analógico-digital de una estación del servicio de radiodifusión por televisión terrestre</i> [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Se la dedico a mi querido Dios, el me inspiró a estudiar esta carrera y me ayudó a llegar hasta aquí. A mis padres por apoyarme siempre de manera incondicional, y finalmente me la dedico a mí, todo el sacrificio y esfuerzo valió la pena.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por haberme ayudado a superar cada obstáculo en este camino académico, y sé que seguirá a mi lado en los siguientes desafíos que vendrán. También agradezco a mis padres por haberse sacrificado por mí, y darme todo lo que pudieron, y finalmente agradezco a personas especiales que Dios puso en mi camino, que me ayudaron e inspiraron, entre las cuales se encuentra Dante Gebel y Norma Pinzón, fueron de mucha inspiración para mí.

Resumen

Para la migración hacia la Televisión Digital Terrestre, el Perú adopta el estándar Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial (ISDB-T) creado en Japón, con las variaciones realizadas en Brasil, tal como, la adopción del estándar MPEG-4 AVC (H.264) para la compresión de video, el cual es más eficiente que el MPEG-2 original de la versión japonesa, esta tecnología brinda a los telespectadores una mejor calidad de imagen y audio si se compara con la televisión análoga.

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional, tiene por objetivo evaluar los parámetros técnicos, como, por ejemplo, la potencia de transmisión, ganancia del sistema irradiante, necesarias para realizar el cálculo de cobertura de la estación, y regulatorios para realizar la migración de una estación de televisión autorizada al “Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú – IRTP”, en la localidad de Juliaca, departamento de Puno, bajo la modalidad de transmisión simultánea.

Para dicha evaluación, se expone el marco legal respecto a la migración hacia la televisión digital, principalmente el “Plan Maestro para la Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú”. Además, se realiza un cálculo de la cobertura, y con ayuda del programa Radiomobile se realiza la simulación del área de cobertura de la estación.

Palabras clave — Radiodifusión, plan maestro, televisión digital, cobertura.

Abstract

To migrate to Digital Terrestrial Television, Peru adopts the Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial (ISDB-T) standard created in Japan, with variations made in Brazil, such as the adoption of the MPEG-4 AVC (H.264) standard for video compression, which is more efficient than the original MPEG-2 of the Japanese version, this technology provides viewers with better image and audio quality compared to analog television.

This Professional Proficiency Work is to evaluate the technical parameters, for example, transmission power, radiating system gain, necessary to calculate the station coverage, and regulatory parameters to carry out the migration of an authorized television station to the “Instituto Nacional de Radio y Television del Peru – IRTP”, located in Juliaca, department of Puno, under the simultaneous transmission modality.

For this evaluation, the legal framework for migration to digital television was presented, primarily the "Master Plan for the Implementation of Digital Terrestrial Television in Peru". And a coverage calculation is performed, with the help of the Radiomobile software, a simulation of the station's coverage area is performed

Keywords — Broadcasting, master plan, digital television, coverage

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xv
Capítulo I. Definición del problema	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Definición del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Evaluación del problema	4
1.5 Alcance	5
1.6 Limitaciones.....	5
Capítulo II. Marco teórico	6
2.1 Televisión Digital Terrestre.....	6
2.1.1 Ventajas de la TDT.....	7
2.1.2 Estándares de la Televisión Digital Terrestre	8
2.2 Estándar ISDB-Tb.....	10
2.2.1 Fundamentos del sistema de transmisión	11
2.2.2 Flujo de transporte	14
2.2.3 Remultiplexación y flujo BTS.....	19
2.2.4 Codificación de canal	22
2.2.5 Modulación de la portadora.....	26
2.2.6 Receptores	34
2.3 La TDT en el Perú.....	34
2.4 De la localidad de Juliaca	35
Capítulo III. Planteamiento de la solución.....	37

3.1 Equipos utilizados para la transmisión de la señal analógica.....	37
3.1.1. Transmisor	38
3.1.2 Sistema irradiante	39
3.2 Equipos utilizados para la transmisión de la señal digital	40
3.2.1 Decoder Wellav UMH-160R	42
3.2.2 Descompresor y multiplexor Videoswitch DM-500W	43
3.2.3 Transmisor digital Hitachi EC 704 MP	43
3.2.4 Sistema irradiante	45
3.3 Enlace satelital	49
3.4 Sistema de protección eléctrico.....	49
3.5 Cálculos del área de cobertura.....	50
3.5.1 Estación analógica.....	50
3.5.2 Estación digital.....	55
Capítulo IV. Análisis y presentación de resultados	66
4.1 Costos incurridos para la transición hacia la TDT	66
4.2 Cronograma para la migración analógica - digital	68
Conclusiones	72
Recomendaciones	73
Referencias bibliográficas	74
Anexos	76

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Población proyectada de los distritos pertenecientes a la localidad de Juliaca	1
Tabla 2: Estatus de la TDT en los países de Sudamérica.....	7
Tabla 3: Ventajas de la televisión digital respecto a la televisión analógica	7
Tabla 4: Parámetros del sistema de transmisión	25
Tabla 5: Parámetros y valores de la IFFT para los tres modos	32
Tabla 6: Territorios para la implementación de la TDT	34
Tabla 7: Plazos por territorios para el inicio de transmisiones con tecnología digital y apagón analógico	35
Tabla 8: Localidad de Juliaca	35
Tabla 9: Canales de UHF de la localidad de Juliaca.....	36
Tabla 10: Ganancia de arreglos de antena.....	40
Tabla 11: Características técnicas del sistema irradiante	48
Tabla 12: Costos de equipos	67
Tabla 13: Etapas del proceso	68

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Visión general del sistema de transmisión	11
Figura 2: Subcanales en ISDB-T	12
Figura 3: Organización de segmentos en tres capas jerárquicas	13
Figura 4: Etapa de procesamiento del ES.....	15
Figura 5: Formación de ES, PES y TS.....	16
Figura 6: Paquetes de transporte TS y multiplexación MPEG-2	17
Figura 7: Cabecera de un paquete TS.....	19
Figura 8: Estructura de los paquetes TSP, flujo BTS y cuadro múltiplex	21
Figura 9: Esquema de codificación de canal.....	22
Figura 10: Circuito de entrelazado de bytes.....	24
Figura 11: Codificador convolucional de $KI = \frac{1}{2}$	25
Figura 12: Diagrama de bloques de la etapa de modulación	27
Figura 13: Configuración de los entrelazadores de bits para cada esquema de modulación	29
Figura 14: Modulador I-Q digital	32
Figura 15: Modulador I-Q analógico	33
Figura 16: Esquema de transmisión para la televisión analógica.....	38
Figura 17: Diagrama de radiación horizontal del sistema irradiante.....	39
Figura 18: Esquema para la transmisión de la señal digital	41
Figura 19: Equipo Wellav UMH-160R	42
Figura 20: Equipo descompresor Multiplexor Videoswitch DM-500W	43
Figura 21: Transmisor Hitachi Kokusain Linear, modelo EC704MP	44
Figura 22: Diagrama de bloques de Transmisor Hitachi Kokusain Linear, modelo EC704MP	44
Figura 23: Plano de configuración del sistema irradiante, vista frontal.....	46
Figura 24: Diagrama de radiación horizontal polar.....	47

Figura 25: Diagrama de radiación vertical	48
Figura 26: Distribución del enlace satelital.....	49
Figura 27: Representación de la altura efectiva.....	51
Figura 28: Valores tomados para el cálculo de la altura efectiva con radiomobile.....	52
Figura 29: Imagen de Google Earth con la simulación realizada en radiomobile para la estación analógica.....	55
Figura 30: Sistema irradiante para la estación TDT	57
Figura 31: Valores tomados para el cálculo de la altura efectiva con radiomobile para la estación TDT	58
Figura 32: Cálculo de intensidad de campo, utilizando la Curva F(50,90), para una e.r.p de 2.637 kW.....	60
Figura 33: Cálculo de intensidad de campo, utilizando la Curva F(50,90), para una e.r.p. de 10 kW.	62
Figura 34: Imagen de Google Earth con la simulación realizada en radiomobile para la estación digital.....	64
Figura 35: Imagen de Google Earth con la simulación realizada en radiomobile para la estación digital para una e.r.p. de 10 kW.	65
Figura 36: Etapa 1, Actividad 1.1	70
Figura 37: Etapa 1, Actividad 1.2.....	70
Figura 38: Etapa 1, Actividad 1.3 y 1.4	71
Figura 39: Etapa 2.....	71

LISTADO DE ACRÓNIMOS

ATSC	:	Advanced Television Systems Committee
COFDM	:	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex
DQPSK	:	Differential Quadrature Phase Shift Keying
DTMB	:	Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting
DVB-T	:	Digital Video Broadcasting – Terrestrial
e.r.p.	:	Potencia Efectiva Radiada
Hc	:	Altura relativa donde se encuentra instalada la torre, respecto al nivel del mar.
HD	:	High Definition
Hn	:	Nivel promedio del terreno, (8 radiales separados 45°, de 3 a 15 Km. espaciados cada 0.5 Km)
IFFT	:	Inverse Fast Fourier Transform
ISDB-T	:	Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial
MPEG	:	Moving Picture Experts Group
MSB	:	Most Significant Bit
MTC	:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
NTSC	:	National Television System Committee
OFDM	:	Orthogonal Frequency Division Multiplex
PRBS	:	Pseudo Random Binary Sequence
QAM	:	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	:	Quadrature Phase Shift Keying
SBTVD-T	:	Sistema Brasileño de Televisión Digital – Terrestre
SD	:	Standard Definition
TDT	:	Televisión Digital Terrestre
TMCC	:	Transmission Multiplexing Configuration Control

LISTADO DE TÉRMINOS

Apagón analógico	:	Proceso en el que las estaciones de televisión analógicas dejarán de transmitir.
Arreglo de antena	:	Configuración en la que un grupo de antenas se combinan para trabajar como un sistema único.
Bits	:	Dígito binario, unidad más pequeña de información.
Byte	:	Unidad básica de informática, compuesta por 8 bits.
Descompresor	:	Equipo utilizado para descomprimir datos que han sido comprimidos durante la transmisión.
Encoder	:	Equipo utilizado para comprimir o codificar las señales de audio o video para su transmisión.
Entrelazadores de bits	:	Algoritmo utilizado para reorganizar los bits antes de su transmisión.
Estación analógica	:	Estación que transmite señales de televisión usando tecnología analógica.
Google Earth	:	Aplicación desarrollada por Google, la cual permite explorar el mundo por medio de imágenes satelitales.
Método Longley / Rice	:	Modelo matemático utilizado para predecir la propagación de señales de radio.
Multiplexación	:	Técnica utilizada para combinar múltiples señales o flujo de datos.
Multiplexor	:	Dispositivo electrónico que permite combinar múltiples entradas en una sola salida.
Patrón de radiación Omnidireccional	:	Describe la forma en que una antena irradia energía en todas las direcciones.
One-seg	:	Servicio de transmisión en ISDB-T en la que solo utiliza un segmento.
Patrón vertical	:	Describe como se distribuye la intensidad de la radiación de una antena en el plano vertical.

Piloto continuo	:	Señal que se utiliza como referencia constante durante el proceso de transmisión y recepción de datos.
Pilotos Dispersos	:	Señales específicas que se distribuyen de manera intercalada entre los datos transmitidos.
Planta transmisora	:	Instalación que alberga los equipos necesarios para emitir señales de radio o televisión.
Polarización	:	Dirección en que viajan las ondas electromagnéticas.
Radiodifusión	:	Proceso en el cual se transmiten señales de audio y de video a una audiencia amplia mediante ondas electromagnéticas.
Radiofrecuencia	:	Porción del espectro electromagnético que abarca las ondas utilizadas para transmitir señales de comunicación.
Radiomobile	:	Software diseñado para simular enlaces de radio.
Relleno del primer nulo	:	Energía radiada en el área del patrón de radiación donde normalmente habría un mínimo o "nulo" en la intensidad de la señal
Remultiplexor	:	Equipo que reorganiza y adapta múltiples flujos de datos o señales que ya han sido multiplexados previamente.
Sistema irradiante	:	Conjunto de elementos que permiten la emisión de señales electromagnéticas.
Tecnología de estado sólido	:	Se refiere a dispositivos y sistemas electrónicos que funcionan utilizando materiales semiconductores, como el silicio, en lugar de componentes mecánicos o móviles.
Tilt	:	Ángulo de inclinación de una antena.

Introducción

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional tiene por objetivo evaluar los parámetros técnicos y regulatorios, tales como, la potencia de transmisión, la ganancia del sistema irradiante, necesarias para el cálculo de la potencia efectiva radiada (e.r.p.) y los respectivos cálculos de cobertura, para realizar la migración de una estación autorizada al IRTP en la localidad de Juliaca, departamento de Puno, hacia la Televisión Digital Terrestre, bajo el estándar adoptado por el Perú (ISDB-Tb), bajo la modalidad de transmisión simultánea, de acuerdo al plan maestro aprobado por el país.

En el capítulo primero se muestran los distritos que componen la localidad de Juliaca, así como, la cantidad de habitantes proyectados para el presente año en cada uno de ellos, la definición del problema, los objetivos del trabajo, la evaluación del problema, considerando el plazo de inicio de transmisión, el área de cobertura, ubicación de la estación y características técnicas a considerar como la máxima potencia efectiva radiada (e.r.p.), además de los alcances y limitaciones del proyecto. El capítulo II señala los conceptos teóricos, incluyendo una breve descripción de los estándares de televisión digital, dando énfasis a la norma ISDB-Tb, adoptada por el Perú. El capítulo III expone la solución planteada, los equipos necesarios, cálculos de cobertura y simulación de la misma, utilizando el programa Radiomobile. El capítulo IV señala la inversión requerida, así como el cronograma del proyecto, detallando el tiempo empleado en cada etapa del mismo. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones advertidas durante la elaboración de este trabajo.

Este trabajo detalla los equipos necesarios para la migración al servicio de televisión digital, considerando los equipos ubicados en la planta transmisora de la estación, mas no los equipos necesarios en la producción del contenido, ubicados en la sala de estudios.

El presente trabajo fue elaborado con información brindada por el “Ministerio de Transportes y Comunicaciones” y del “Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú”; así como también, del “Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI)” y el Diario Oficial “El Peruano”, de cuyos portales web, se obtienen los datos y normas utilizados como referencia. Finalmente, también se utiliza información obtenida en internet de distintos proveedores de equipos.

Capítulo I. Definición del problema

En este capítulo se detalla el problema que motiva a desarrollar el tema y se precisan los objetivos del presente Trabajo de Suficiencia Profesional.

1.1 Antecedentes

El IRTP es el encargado de administrar los medios de comunicación del Estado peruano, en el presente caso, en la localidad de Juliaca, departamento de Puno, cuenta con una estación que brinda el servicio de televisión analógica en VHF (*Very high Frequency*), respecto a la cual se está realizando la migración hacia la TDT (Televisión Digital Terrestre).

La localidad de Juliaca del departamento de Puno, comprende los siguientes distritos: Juliaca, Caracoto y San Miguel, pertenecientes a la provincia de San Román, así como los distritos de Achaya y Caminaca, pertenecientes a la provincia de Azángaro y el distrito de Calapuja perteneciente a la provincia de Lampa.

De acuerdo a la información obtenida del INEI, los distritos indicados en el párrafo anterior, tienen una población proyectada para el año 2025, total de 358285 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2025), tal como se presenta en la siguiente.

Tabla 1

Población proyectada de los distritos pertenecientes a la localidad de Juliaca.

Distrito	Provincia	Población
Juliaca	San Román	264,040
Caracoto	San Román	7,702
San Miguel	San Román	79,521
Achaya	Azángaro	2,434
Caminaca	Azángaro	2,730
Calapuja	Lampa	1,858
Total		358,285

Nota: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2025)

El Perú adopta el estándar ISDB-T para la transmisión de la TDT, creado por Japón con variaciones realizadas en Brasil, es así que mediante Decreto Supremo N° 017-2010-MTC, se aprueba el Plan Maestro para la implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú, el cual establece, entre otros, el cronograma y las modalidades para la migración hacia la TDT, el presente Trabajo de Suficiencia Profesional toma en consideración lo señalado en dicho plan.

1.2 Definición del problema

El plan que adopta el Perú para la implementación de la TDT, establece dos modalidades para realizar la migración, la transmisión simultánea y la transición directa. La transmisión simultánea, implica que, utilizando dos canales de radiofrecuencia se transmita la programación en señal analógica y digital; y, la transición directa implica que, el radiodifusor transmite la señal digital utilizando el canal autorizado para la transmitir la señal analógica, por lo que, debe dejar de transmitir esta señal para poder emitir la señal de TDT (Decreto Supremo N° 026-2017-MTC, 2017). La estación motivo del estudio, realiza la migración analógica digital bajo la modalidad de transmisión simultánea.

El plan maestro considera que el Perú tiene en cinco zonas o territorios, cada uno con sus propios plazos para realizar la implementación de la TDT, y en este caso la localidad de Juliaca le corresponde al territorio 03 (Decreto Supremo N° 020-2017-MTC, 2017), cuya fecha límite para dar inicio a transmisiones con señal digital, para las estaciones que realicen la migración en la modalidad de transmisión simultánea, es el IV trimestre de 2022 (Decreto Supremo N° 015-2023-MTC, 2023), además el plazo máximo para el apagón analógico en el referido territorio aún no se encuentra fijado y según el plan maestro este se establecerá por medio de una resolución ministerial, teniendo en cuenta, el conocimiento sobre la TDT por parte de la población (Decreto Supremo N° 020-2022-MTC, 2022).

1.3 Objetivos

Los objetivos del Trabajo de Suficiencia Profesional son:

1.3.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros para la transición analógico-digital de una estación del servicio de radiodifusión por televisión terrestre, en la localidad de Juliaca.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluación del parámetro de cobertura de la estación del servicio de televisión digital terrestre del IRTP implementada en la localidad de Juliaca, departamento de Puno, mediante la estimación técnica de su área de servicio, expresada en Kilómetros.
- Verificar la correcta instalación de los equipos para la transmisión de la TDT por parte del IRTP en la localidad de Juliaca, lo cual incluye su respectivo equipo de protección eléctrica, así como realizar las pruebas de funcionamiento y el inicio de la transmisión digital en dicha localidad.
- Determinar los costos incurridos para la implementación de la televisión digital del IRTP en la localidad de Juliaca, departamento de Puno.

1.4 Evaluación del problema

El IRTP, posee una red de estaciones a nivel nacional, las cuales deben migrar hacia la TDT siguiendo lo estipulado en el plan maestro. La estación de televisión en VHF, autorizada en Juliaca, debe migrar hacia la tecnología digital en la modalidad de transmisión simultánea, y de acuerdo a lo señalado en el numeral 1.2 del Trabajo de Suficiencia Profesional, la fecha de inicio de las transmisiones digitales está establecido como máximo el 31 de diciembre de 2022, sin embargo, como se muestra en el capítulo IV, la compra de algunos equipos se realiza conjuntamente para las estaciones de otras localidades, por lo que, el presente proyecto excede el plazo de inicio de transmisiones. Asimismo, el plazo para el apagón de la señal analógico en la localidad de Juliaca no se encuentra establecido, por lo que, el presente Trabajo de Suficiencia Profesional concluye con el inicio de las transmisiones digitales.

Las estaciones de radio y televisión a nivel nacional deben cumplir con lo que señala su respectivo “Plan de Canalización y Asignación de frecuencias”, en ese sentido, las estaciones de televisión que brinden el servicio en la banda UHF (*Ultra high Frequency*) deben operar con una máxima e.r.p. (potencia efectiva radiada) de 20 kW para las estaciones analógicas y de 10 kW para las estaciones que transmitan con tecnología digital (Resolución Viceministerial N° 560-2014-MTC/03, 2014).

La estación del IRTP autorizada en la banda VHF migra hacia la TDT en la banda UHF, por lo tanto, deber operar con una máxima e.r.p. de 10 kW, en ese sentido, los cálculos y simulación de cobertura se realizan considerando dicha restricción.

1.5 Alcance

El presente trabajo contiene la descripción de los equipos necesarios para la transmisión en TDT ubicados en la planta transmisora ubicada en la ciudad de Juliaca, de acuerdo a la norma adoptada por el Perú. Además, establece la zona de cobertura de la estación analógica autorizada en VHF y la estación de televisión digital en la UHF, además, en el capítulo III se muestran las simulaciones de cobertura realizadas con el software Radiomobile tanto de la estación analógica como de la digital.

El capítulo IV del presente Trabajo de Suficiencia Profesional también muestra el plan de inversión para realizar la migración hacia la TDT en la localidad de Juliaca, además el cronograma del proyecto.

1.6 Limitaciones

El contenido para ser transmitido en las distintas estaciones de televisión digital del IRTP se produce en la ciudad de Lima, donde son codificados y enviados a las diferentes estaciones del país, por lo que, el presente trabajo no contempla la compra de los equipos Encoder ubicados en Lima, ya que estos fueron obtenidos mediante una donación del gobierno japonés en el año 2010, en el marco del inicio de las transmisiones digitales iniciadas en la ciudad de Lima en dicho año.

La estación cuenta con un enlace satelital para recibir la señal producida en la ciudad de Lima, para todos los servicios que brinda el IRTP, el presente Trabajo de Suficiencia Profesional no contempla alguna modificación en dicho enlace.

Capítulo II. Marco teórico

La televisión mantiene su relevancia como uno de los medios de comunicación más importantes a nivel global, actualmente se está llevando a cabo la transición tecnológica de dicho medio de comunicación, de la televisión analógica hacia la televisión digital, la que, entre otras cosas, permite tener un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, así como, una mejor calidad de imagen y audio.

Mediante D.S. N° 017-2010-MTC del 29 de marzo de 2010, el Perú aprueba “El Plan Maestro para la Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú”, el cual, fija el marco normativo y las estrategias para el cambio de la televisión analógica tal como la conocemos, hacia la televisión digital en el país.

2.1 Televisión Digital Terrestre

La denominación de TDT se refiere al servicio de radiodifusión de televisión transmitidos por aire, donde la información se envía a través de sistemas de modulación digital que emplean el espacio radioeléctrico (Pisciotta et al., 2013).

Algunos países a nivel mundial, como por ejemplo Estados Unidos y Japón, ya realizaron el apagón analógico en el 2009 y 2012, respectivamente, es decir, ya no emiten señal de televisión analógica, sin embargo, en la mayoría de países de Latinoamérica, como Perú, se encuentran aún en proceso de migración hacia la TDT.

En la Tabla 2 se detalla el estatus de la migración hacia la TDT de los países de Sudamérica:

Tabla 2

Estatus de la TDT en los países de Sudamérica.

País	Estándar adoptado	Fecha de apagón analógico
Argentina	ISDB-Tb	Se ha ido postergando, será un proceso gradual, actualmente se tiene previsto iniciar el apagón en junio de 2026, no hay fecha establecida para su finalización.
Bolivia	ISDB-Tb	Fue postergado varias veces, será un proceso gradual, actualmente se planea iniciar el 30 de mayo de 2026 y finalizar el 30 de mayo de 2030.
Brasil	ISDB-Tb	Inició en 2016 y concluyó el 2 de enero de 2024,
Chile	ISDB-Tb	Inició en 2024, concluyó el 15 de abril de 2025.
Colombia	DVB-T	Inició en 2015 y concluyó el 31 de diciembre de 2023.
Ecuador	ISDB-Tb	Algunas ciudades ya realizaron el apagón analógico a partir del 2020, no tiene fecha prevista para concluir en todo el territorio.
Paraguay	ISDB-Tb	Inició el 1 de enero de 2025 y tiene previsto concluir en 2029.
Perú	ISDB-Tb	Inició en Lima y Callao, el 31 de diciembre de 2024, no tiene una fecha establecida para el resto del territorio nacional.
Uruguay	ISDB-Tb	Inició el 15 de febrero de 2024, concluyó el 15 de febrero de 2025.
Venezuela	ISDB-Tb	Ha habido apagones analógicos en algunas ciudades principales, no tiene fecha prevista para el apagón a nivel nacional.

Nota: Elaboración propia

2.1.1 Ventajas de la TDT

Los principales beneficios de la TDT respecto a la analógica son:

Tabla 3

Ventajas de la televisión digital respecto a la televisión analógica.

Televisión digital	Televisión analógica
Mejora la calidad de imagen, ya que permite contenido en una mejor resolución (hasta 1920x1080).	No supera la resolución de 640x480.
Mejora calidad de audio, ya que permite la transmisión multicanal.	Generalmente transmite en un solo canal (mono) o dos canales para estéreo.

Permite una mayor cantidad de contenido, ya que a través de un canal se puede transmitir más de una programación	Cada canal solo puede transmitir una señal a la vez.
Ofrece una mayor resistencia al ruido, a las interferencias y a los efectos de la propagación multitrayecto.	Como la señal es continua, es susceptible al ruido e interferencias
Posibilita la implementación de Redes de Frecuencia Únicas (SFN), lo cual, amplía la cobertura en la misma frecuencia, lo que permite el ahorro del espacio radioeléctrico	No es posible implementar una red de frecuencia única.
Permite nuevos servicios asociados, como la guía de programación, ejecución de aplicaciones	No permite servicios asociados.

Nota: Elaboración propia

2.1.2 Estándares de la Televisión Digital Terrestre

El único estándar adoptado en el Perú, es el ISDB-Tb, sin embargo, a continuación, se detallan los demás estándares existentes, y en que países fueron adoptados:

- a) *Advanced Television Systems Commite (ATSC)*: Creado por Estados Unidos y utilizado en países como Canadá, México, en América del Norte; El Salvador, República Dominicana en América Central; y, Corea del Sur en Aisa.

Algunas de sus características técnicas más destacadas son:

- Utiliza la modulación 8-VSB (*Level Vestigial Sideband*).
- Utiliza el código Reed-Solomon y el código convolucional entrelazado para la corrección de errores.
- Utiliza el estándar MPEG-2 (*Moving Picture Experts Group*) en la compresión de video, permite la transmisión en HD (*High Definition*).
- Utiliza el estándar *Dolby Digital* (AC-3) para la compresión de audio, brinda la posibilidad de transmitir audio multicanal.

El estándar ATSC ha evolucionado y se han introducido nuevas versiones y mejoras al estándar, la versión más reciente es el ATSC3.0, diseñado para permitir una mejor calidad de audio y video, permite transmitir contenido en 4K UHD (*Ultra High Definition*), además permite a recepción en dispositivos fijos y móviles (The Broadcast Standards Association [ATSC], 2025).

- b) *Digital Video Broadcasting – Terrestrial* (DVB-T): Se emplea en la Unión Europea, Reino Unido y países como Australia, Panamá y Colombia.

Algunas características técnicas del estándar DVB-T son:

- Utiliza multiplexación por COFDM
- Utiliza códigos de corrección de errores como el código convolucional y el código Reed-Solomon.
- Utiliza la compresión MPEG-2 para audio y video.

La versión más reciente de este estándar es DVB-T2, la cual ofrece mejoras en eficiencia, además cambia al formato MPEG-4 AVC, también llamado H.264, permitiendo la modulación en 256-QAM. (Chie et al., 2016)

- c) *Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial* (ISDB-T): Creado en Japón y utilizado en la mayoría de países de Sudamérica, como Brasil, el cual introdujo algunas variaciones, creando el estándar “*Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Brazilian*” (ISDB-Tb) que finalmente fue adoptado por países como Perú, Argentina, Bolivia, Paraguay, Chile, Venezuela y Ecuador.

Las principales características del ISDB-T son:

- Utiliza COFDM - *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*.
- Emplea codificación convolucional y el código Reed-Solomon en la corrección de errores.
- Emplea MPEG-2 y H.264 en la compresión de video y MPEG-2 AAC para compresión de audio.

d) *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast* (DTMB): Creado en China, fue adoptado por Hong Kong, Pakistán, Nepal, etc.

Las principales características técnicas son:

- En la multiplexación, emplea el método TDS-COFDM
- Utiliza códigos de verificación de paridad de baja densidad.
- Soporta MPEG-2 y H.264 en la compresión de video, y MPEG-1, ACC y AC-3 en la compresión de audio.

2.2 Estándar ISDB-Tb

El estándar ISDB-T se crea y adopta por Japón en el año 1999, luego que Estados Unidos y Europa adoptaran los estándares ATSC y DVB-T, respectivamente. Posteriormente, hacia el año 2006, Brasil decide adoptar el ISDB-T, pero introduce modificaciones a la norma, estas modificaciones se realizan con la colaboración de Japón, lo que da origen al estándar ISDT-Tb, que finalmente adopta Brasil. El Perú es el primer país, después de Brasil, en elegir el estándar ISDB-Tb para la TDT.

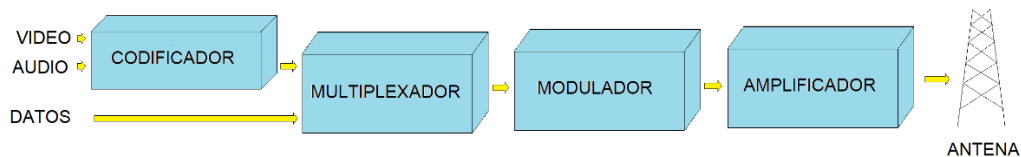
2.2.1 Fundamentos del sistema de transmisión

En la transmisión, una o más entradas contienen un conjunto de datos TS (*Transport Stream*), que deben ser multiplexados para conformar un único TS. Este, a su vez, pasa por la etapa de codificación de canal múltiple según la finalidad del servicio, antes de ser emitido como una señal OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) común (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007).

En la siguiente figura se muestra el esquema general de un sistema de transmisión.

Figura 1

Visión general del sistema de transmisión



Nota: (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

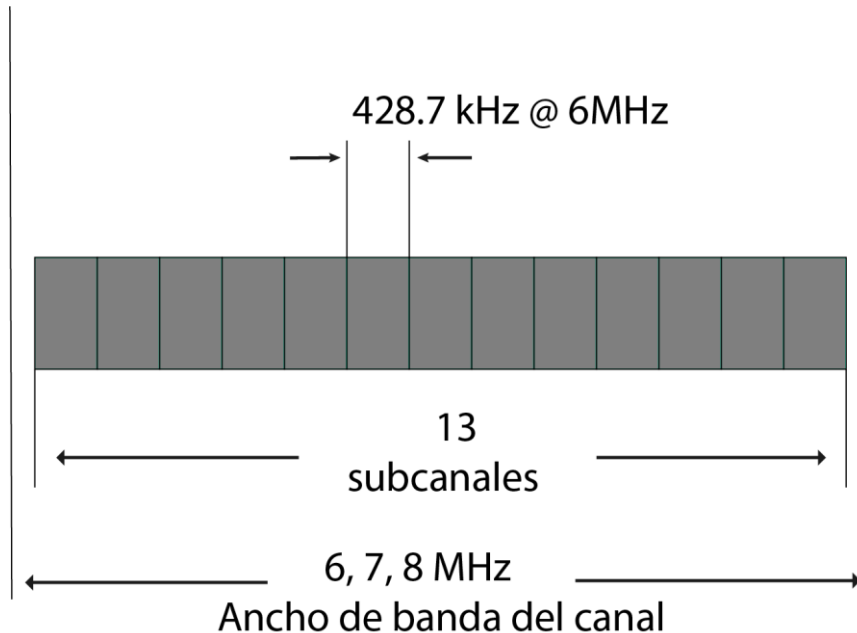
▪ Organización del canal radioeléctrico.

En gran parte de los servicios de radiodifusión, no se utiliza la totalidad del ancho de banda disponible para la transmisión, toda vez que resulta necesario reservar ciertos márgenes de protección en los límites superior e inferior del canal asignado. Estos márgenes son conocidos como bandas de guarda (Pisciotta et al., 2013). Por tanto, el espectro de la radiodifusión, en este estándar, se organiza en grupos de 13 bloques OFDM sucesivos, donde cada segmento ocupa 1/14 del total del ancho de banda del canal (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007). Tomando en consideración, para un ancho de banda de 6 MHz, cada segmento tiene una extensión de 6/14 MHz (428 MHz), mientras que el segmento 14 se destina a las bandas de guarda.

En la figura 2 se muestra los subcanales en el estándar ISDB-T.

Figura 2

Subcanales en ISDB-T.



Nota: (Fisher, 2020)

▪ Transmisión jerárquica

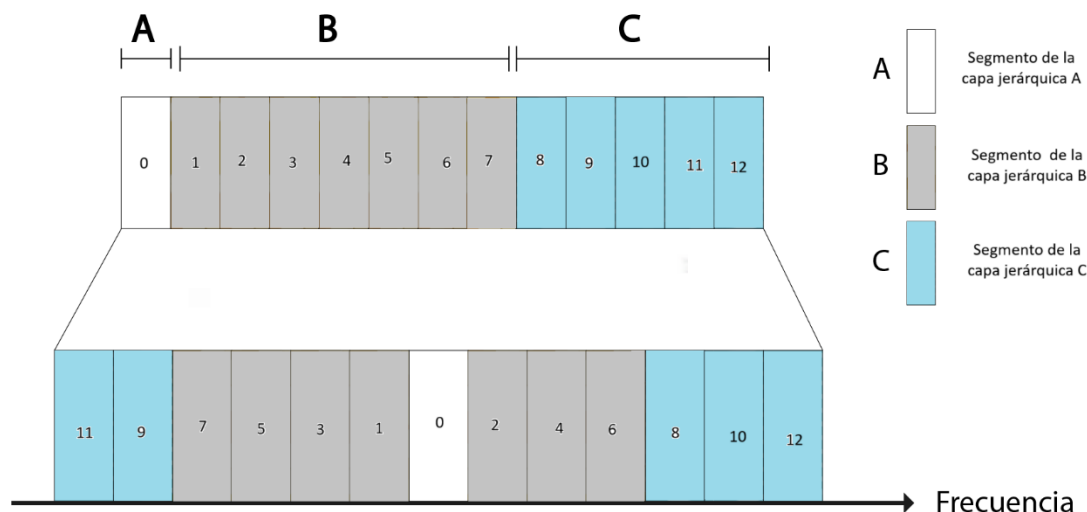
El estándar ISDB-Tb permite estructurar la información a transmitir en tres niveles jerárquicos diferentes, estos son las Capas A, B y C. Cada capa está conformada por uno o más segmentos OFDM, de acuerdo al requerimiento de ancho de banda de cada servicio (Pisciotta et al., 2013). La cantidad de segmentos, junto con los parámetros de codificación, como el esquema de modulación de portadora, la codificación interna y entrelazado de tiempo, pueden ser configurados por el radiodifusor para cada capa jerárquica (Pisciotta et al., 2013). Además, la señal TMCC (*Transmission and Multiplexing Configuration Control*) debe incluir los datos de control y la información esencial para que el receptor en la identifique correctamente los modos de operación (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007).

Cuando el segmento central se utiliza para la recepción parcial se lo considera una capa jerárquica (Pisciotta et al., 2013), al servicio se le denomina “one-seg” y está orientado para brindar un servicio de baja resolución destinado a teléfonos móviles y otros dispositivos con pantallas pequeñas.

La figura 3 describe la transmisión jerárquica en tres capas de ISDB-Tb.

Figura 3

Organización de segmentos en tres capas jerárquicas.



Nota: (Pisciotta et al., 2013)

▪ Modos de sistema

“Para permitir la operación de acuerdo con la distancia entre las estaciones de una SFN (*Single Frequency Network*) y garantizar la recepción adecuada ante las variaciones del canal como consecuencia el efecto Doppler de la señal móvil, debe obligatoriamente ser posible seleccionar entre tres opciones de separación de portadora OFDM ofrecida por el sistema brasileño” (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007). Estas tres opciones se deben identificar como modos de sistema.

Para los Modos 1, 2 y 3, la distancia entre las frecuencias debe ser cercana a 4 kHz, 2 kHz o 1 kHz, respectivamente. Aunque la cantidad de portadoras varía dependiendo del modo, la tasa útil se mantiene constante en todos los modos (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007).

El Modo 1 cuenta con 1405 portadoras, mientras que el Modo 2 posee 2809 portadoras y el Modo 3 alcanza las 5617 portadoras. Estos tres modos están diseñados para operar según la distancia entre las estaciones de una red de frecuencia única (SFN) y garantizar una recepción estable, incluso frente a las variaciones del canal provocadas por el efecto Doppler de la señal de recepción móvil (Resolución Ministerial N° 610-2024-MTC/01.03, 2024).

El Modo 1 es más adecuado para la recepción móvil, mientras que con el Modo 3 se mejora la operación de las redes de frecuencia única y por su parte el Modo 2 combina medianamente las características de los otros dos Modos. Es así que las estaciones TDT pueden transmitir en el modo que se adapte mejor a sus necesidades (Resolución Ministerial N° 610-2024-MTC/01.03, 2024).

2.2.2 Flujo de transporte

En el estándar japonés, la compresión de video y de audio, se realiza mediante MPEG-2, por su parte el ISDB-Tb, emplea MPEG-4 para la codificación de video y HE-AAC para la codificación de audio. En ambos casos, la generación y transporte del flujo de datos se realizan mediante MPEG-2 para la paquetización (Villamarín et al., 2012).

El sistema ISDB-Tb tiene sus bases en tres premisas fundamentales:

- “Transmisión jerárquica utilizando tres capas llamadas A, B y C” (Pisciotta et al., 2013).

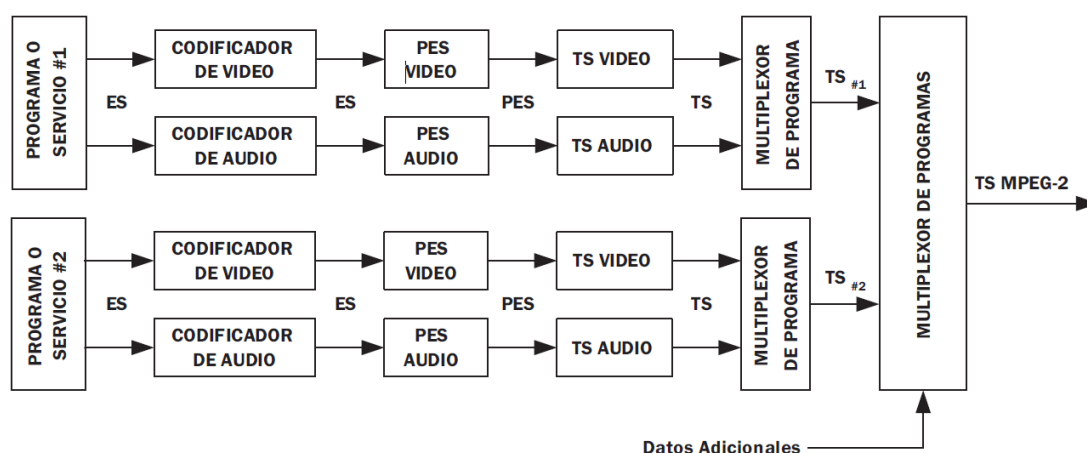
- “Posibilidad de recepción parcial o de banda angosta (un solo segmento de los frece)” (Pisciotta et al., 2013).
- “Adopción de la trama de transporte MPEG-2 para facilitar la compatibilidad con otros estándares” (Pisciotta et al., 2013).

Estos tres requisitos presentan cierta incompatibilidad, toda vez que el flujo de transporte en MPEG-2 no fue concebido para la transmisión jerárquica ni tampoco para la recepción de manera parcial. No obstante, es posible cumplir con estas condiciones, mediante una adaptación adecuada de la trama TS de transporte MPEG-2 (Villamarín et al., 2012).

La figura 4 ilustra las diversas fases involucradas en el procesamiento de la señal, desde que es entregada por los equipos de generación de contenido hasta la conformación del flujo TS (*Trasnpor Stream*). Las señales entregadas por los codificadores se conocen como flujos elementales ES (*Elementary Stream*).

Figura 4

Etapas de procesamiento del ES.



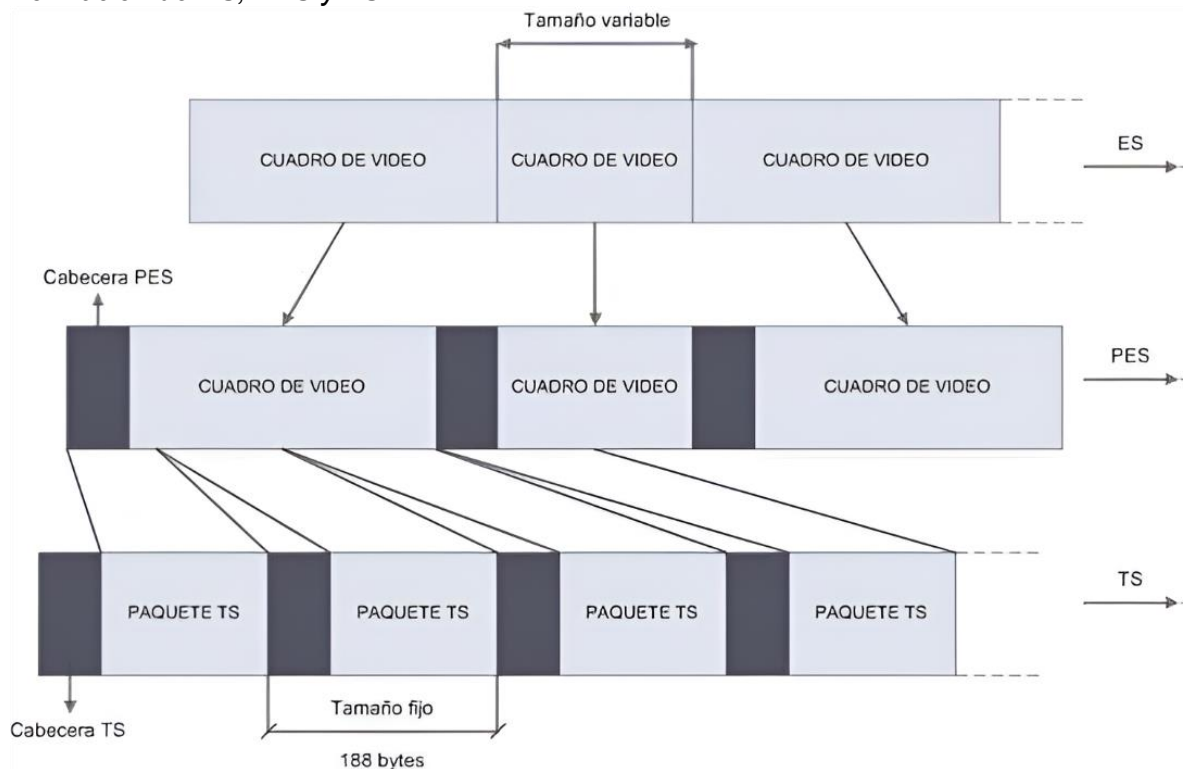
Nota: (Pisciotta et al., 2013)

El video y audio se comprime mediante MPEG-4 y HE-AAC, respectivamente, luego cada uno genera un flujo de ES, estructurado en paquetes de tamaño variable. “Los bits provenientes del codificador de audio o video son estructurados en paquetes denominados *Packetized Elementary Streams* (PES). Estos paquetes tienen un tamaño variable y están conformados por una cabecera inicial y la carga de audio, video o datos. Esta cabecera transporta información de datos presentes en la carga, tamaño del paquete PES y el tiempo para informar al decodificador cuando se debe presentar la información del video y del audio” (Villamarín et al., 2012). Los PES se segmentan en paquetes de 188 bytes de tamaño fijo de 188 bytes, lo que da lugar al flujo de datos TS.

A continuación, se muestra la formación de ES, PES y TS.

Figura 5

Formación de ES, PES y TS.



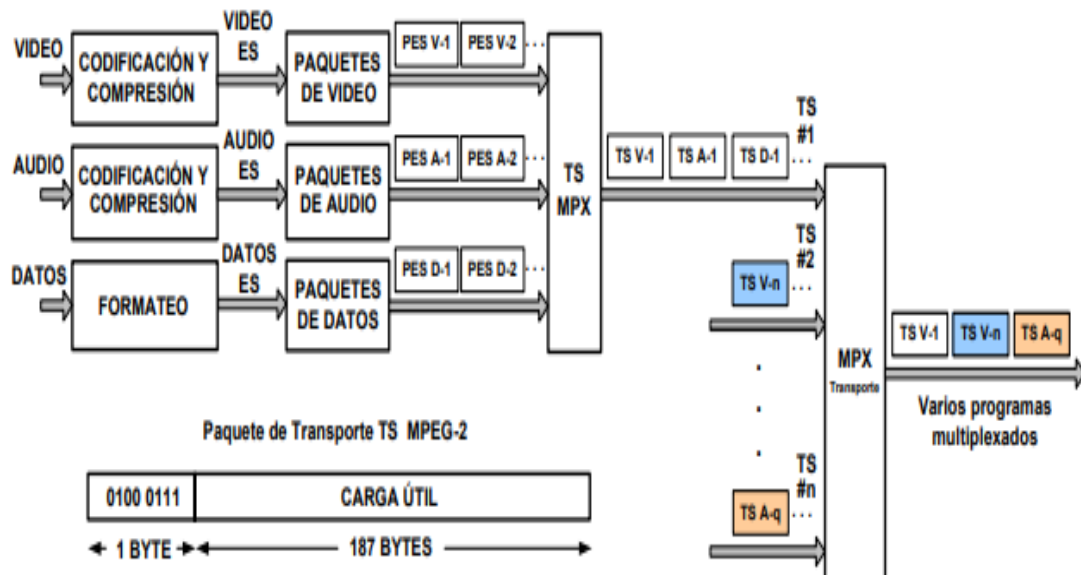
Nota: (Villamarín et al., 2012)

El uso de paquetes de tamaño fijo facilita tanto la detección de errores como la multiplexación de múltiples programas dentro de un mismo flujo de datos. “Por lo tanto, el flujo de datos TS transporta las señales de audio y video multiplexados y comprimidos junto con información adicional sobre el flujo de datos” (Villamarín et al., 2012).

La figura 6 representa el proceso mediante el cual se comprimen las señales de audio y de video, junto con el formateo de otros datos asociados al programa identificado como #1. A partir de estos, se generan los flujos elementales ES de audio y video, que luego se organizan en tramas de datos PES cuya longitud es variable. Posteriormente, en un primer nivel donde se desarrolla la multiplexación, se combinan la información de audio, de videos y de datos en paquete TS de 188 bytes cuya longitud es fija. Posteriormente, puede haber un segundo nivel de multiplexación en el que varios programas se integran en un único flujo de paquetes de transporte TS.

Figura 6

Paquetes de transporte TS y multiplexación MPEG-2



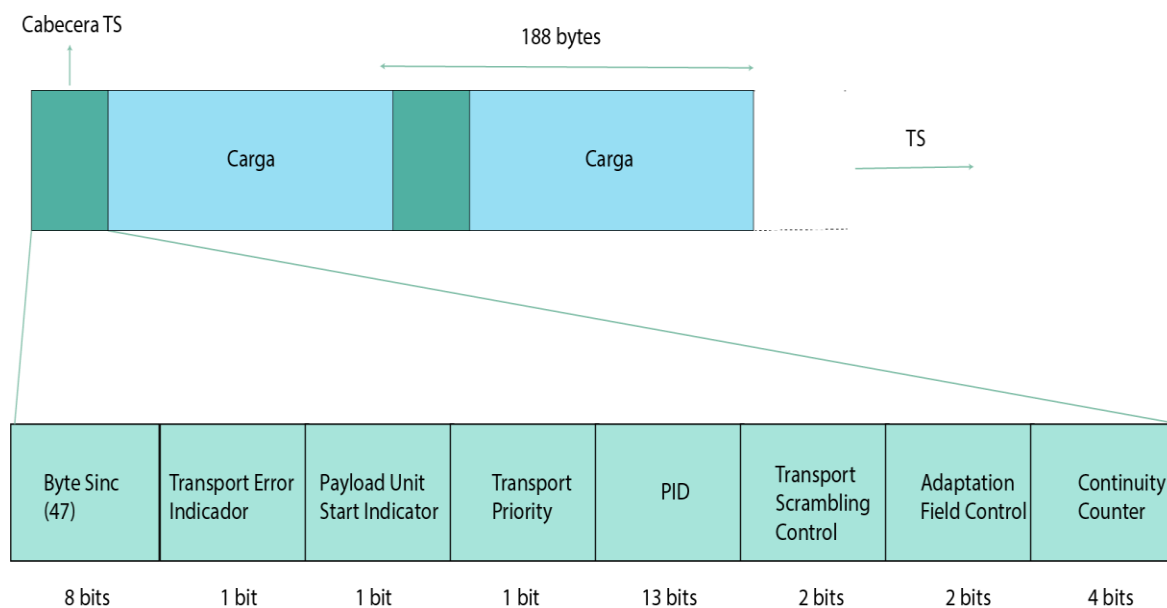
El TS está conformado por paquetes de 188 bytes, siendo 4 de cabecera y 184 de carga útil. La cabecera se encuentra formada por:

- Byte de sincronismo: conformado por 8 bits, “es utilizado como referencia del inicio del paquete TS, tiene un valor fijo de 47H (01000111 bits)” (Villamarín et al., 2012).
- *Transport error indicator*: de un bit, señala la presencia de errores en el paquete, tomando el valor “1” si contiene al menos un bit errado, y “0” en caso contrario.
- *Payload unit start indicator*: un bit, en los paquetes nulos, el valor asignado es “0”, para aquellos paquetes que contienen las tablas del sistema, el valor es “1”, al igual que los paquetes que transportan información de audio y video. En cambio, si el paquete corresponde al inicio de un paquete PES, el valor asignado es “0”.
- *Transport priority*: un bit, cuando su valor es “1”, indica que el paquete posee una prioridad superior a los demás paquetes con el mismo PID.
- *Packet identifier (PID)*: permite reconocer cada paquete TS, con un valor que varía según el tipo de información que transporta su carga, está conformado por trece bits.
- *Transport scrambling control*: conformado por dos bits, señala si el contenido del paquete ha sido sometido a algún proceso de cifrado.
- *Adaption field control*: conformado por dos bits, este campo señala si hay un campo especial denominado *adaption field* entre la cabecera y la carga del paquete. Entre los datos transportados se incluye el *Program Clock Reference (PCR)*, el cual es una referencia de tiempo que permite una decodificación correcta y sincronizada durante el proceso de presentación de las señales de audio y de video.
- *Continuity counter*: Contiene el valor de un contador que se incrementa con cada paquete transmitido con el mismo PID.

En la figura 7, se muestra el contenido de la cabecera perteneciente a un paquete TS.

Figura 7

Cabecera de un paquete TS.



Nota: (Villamarín et al., 2012)

2.2.3 Remultiplexación y flujo BTS

Uno de los objetivos del diseño del sistema ISDB-Tb es ajustar la trama de la capa de transporte del estándar MPEG-2, permitiendo su operación en transmisión jerárquica y recepción parcial a través de un proceso conocido como remultiplexación. (Pisciotta et al., 2013)

El dispositivo denominado remultiplexor, fusiona los paquetes TS de 188 bytes provenientes de las tramas de transporte de entrada (los cuales son flujos multiplexados), generando como resultado un flujo binario único llamado *Broadcast Transport Stream* (BTS), a través de estas funciones:

- Añade 16 bytes a los paquetes TS, los cuales a continuación se complementan con información específica, dando lugar a nuevos paquetes llamados TSP (*Transport Stream Packet*) de 204 bytes.

- Genera a su salida un flujo sincrónico con una velocidad de transmisión constante de 32,5079 Mbps.
- “Posiciona y dispone los TSP para posibilitar la transmisión jerárquica y la recepción parcial” (Pisciotta et al., 2013).
- Mantiene la tasa del BTS estable al incorporar una cantidad específica de TSP nulos, ajustada según la configuración establecida para cada capa jerárquica.

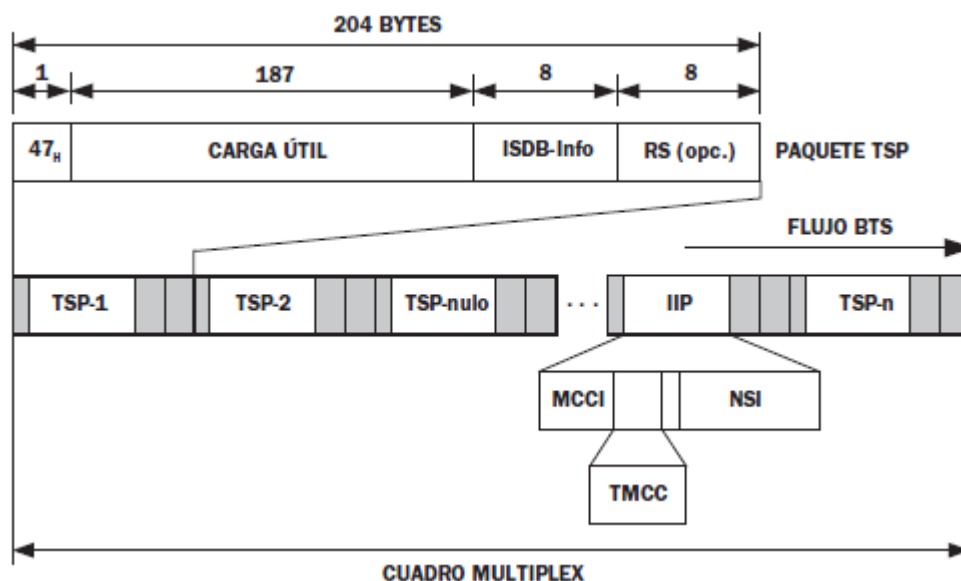
Para viabilizar la transmisión jerárquica, es necesario cumplir con ciertas condiciones:

- Cada segmento está configurado con una cantidad de bits de datos equivalentes a un número entero de TSP de transmisión.
- Las capas compuestas por múltiples segmentos están asignadas a un número entero de TSPs. El número de paquetes por capa puede diferir según la configuración específica de transmisión establecida para cada capa.
- La frecuencia del reloj transmisión (f_R) del flujo binario BTS debe originarse a partir de la frecuencia de muestreo de la IFFT, lo que permite derivar completamente los parámetros del sistema.
- Las diferencias de retardos entre las capas jerárquicas deben ser corregidas siempre desde el transmisor.
- El reloj de referencia de programa (PCR) y los datos de la programación deben ser enviados a través de la capa jerárquica con mayor robustez.

La correcta asignación de cada paquete TSP a su respectiva capa jerárquica es factible cuando el flujo BTS contiene la información necesaria para que el divisor jerárquico identifique cada TSP y lo envíe a su destino. La figura 8 muestra la estructura de los TSP, su inserción dentro del flujo BTS y el concepto de cuadro múltiplex.

Figura 8

Estructura de los paquetes TSP, flujo BTS y cuadro múltiplex.



Nota: (Pisciotta et al., 2013)

El campo ISDB-Info, compuesto por 8 bytes, contiene datos sobre el indicador de la capa jerárquica, el contador de TSP, la señalización del TSP, la cabecera de cuadro y la información para a los canales auxiliares. Asimismo, los 8 bytes adicionales pueden incluir, opcionalmente, un bloque de paridad Reed Solomon (RS), capaz de corregir hasta 4 bytes erróneos en cada TSP de transmisión (Pisciotta et al., 2013).

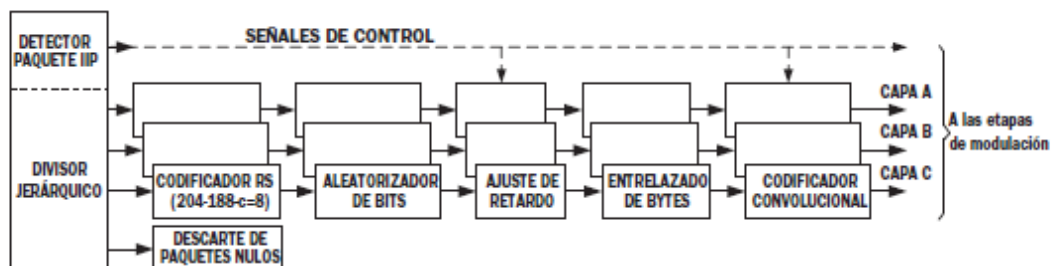
El estándar brasileño, destina algunas portadoras para el canal de control TMCC (*Transmission and Multiplexing Configuration Control*), que transporta las señales de control necesarias para que el receptor funcione correctamente. Su información se integra en el flujo BTS a través de un TSP especial llamado IIP (*ISDB Information Packet*), y todos los cuadros multiplex contienen un paquete IIP.

2.2.4 Codificación de canal

La codificación de canal inicia con la detección del IIP, en esta etapa se introducen los sistemas de corrección de errores. La figura 9 ilustra el esquema completo de la codificación de canal.

Figura 9

Esquema de codificación de canal.



Nota: (Pisciotta et al., 2013)

- Codificador Red Solomon

Después de que los TSP se dividen según cada capa jerárquica, los campos ISDB-Info y paridad RS opcional se reemplazan por 16 bytes de paridad, creando así un nuevo código Reed-Solomon.

Esta codificación puede corregir hasta 8 bytes errados en cada TSP, si la cantidad de errores supera este límite, el receptor no podrá determinar con certeza la secuencia de bits correcta. En ese caso, el paquete se marca como erróneo y se descarta (Pisciotta et al., 2013).

- Aleatorizador de bits

Los bits transmitidos en cada capa se aleatorizan mediante un generador de secuencia binaria pseudo-aleatoria denominado PRBS (*Pseudo Random Binary Sequence*), lo que evita largas series de ceros o unos, a fin de evitar cualquier patrón repetitivo con el fin de garantizar la dispersión de energía del espectro radiado. Si el flujo de datos mantiene una regularidad, la repetición provoca

concentraciones de energía en puntos específicos del espectro, dejando otras áreas desaprovechadas. Además, las altas concentraciones en ciertas frecuencias aumentan la posibilidad de intermodulación, especialmente cuando hay interferencias entre la señal de televisión digital y los canales analógicos (Pisciotta et al., 2013).

- Ajuste de retardo

El ajuste de retardo se encuentra asociado al entrelazado de bytes. En la transmisión jerárquica, cada capa puede tener parámetros de transmisión distintos, como la cantidad de segmentos que conforman cada capa, la tasa de codificación interna, así como el esquema de modulación, por lo que, existen diferencias en los tiempos de procesamiento de las señales de cada capa, estas diferencias o retardos se presentan en la etapa del entrelazado de bytes.

El ajuste de retardo se emplea para igualar los tiempos de tránsito binario. Su valor necesario de ecualización se define en el transmisor y debe adaptarse a las configuraciones establecidas, asegurando que todos los retardos sean múltiplos enteros de la duración de un cuadro OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*).

- Entrelazado de bytes

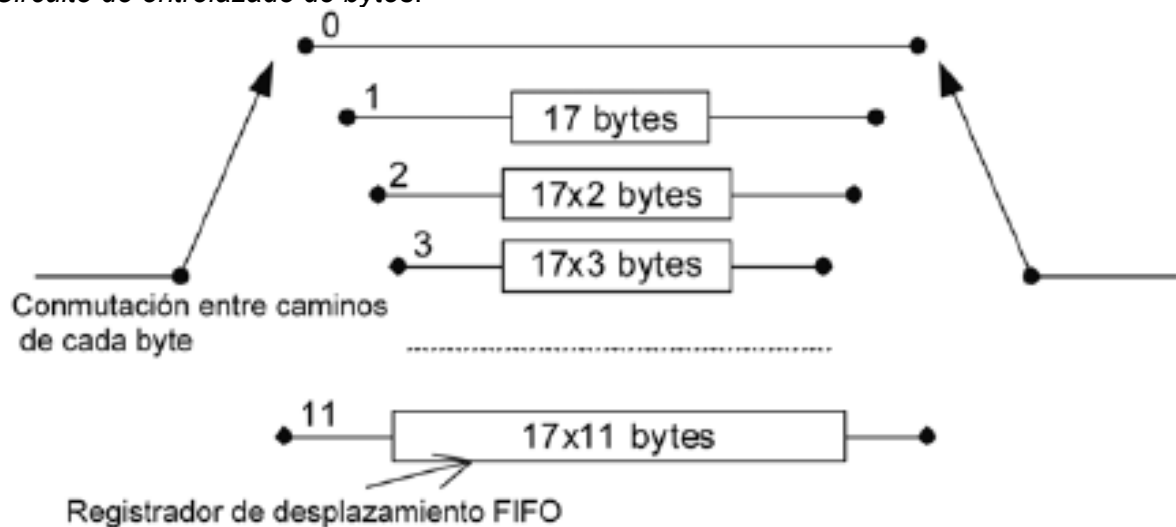
El entrelazado es una técnica de diversidad temporal utilizada para dispersar en el tiempo los errores de ráfaga. Antes de la transmisión, los bytes de una secuencia se reorganizan, lo que ayuda a mitigar los efectos de los errores en canales susceptibles a este tipo de fallos. Si ocurre un error de ráfaga durante el proceso de la transmisión, la restauración de la secuencia original permite dispersar los errores a lo largo del tiempo. Un entrelazador de bytes bien diseñado genera una distribución de errores con apariencia aleatoria, facilitando su corrección,

especialmente cuando se combina con otras técnicas de codificación de datos.
(Pisciotta et al., 2013)

La figura 10 muestra el circuito del *byte interleaving* o entrelazado de bytes, donde se aprecia que, el camino 0 no tiene atraso, la memoria asignada para el camino 1 debe ser exactamente de 17 bytes, mientras que para el camino 2 debe ser el doble, es decir, $2 \times 17 = 34$ bytes, y así sucesivamente. Las entradas y salidas se conmutan secuencial y cíclicamente para diferentes caminos a cada byte, siguiendo un orden ascendente según el número de camino (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007).

Figura 10

Circuito de entrelazado de bytes.



Nota: (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

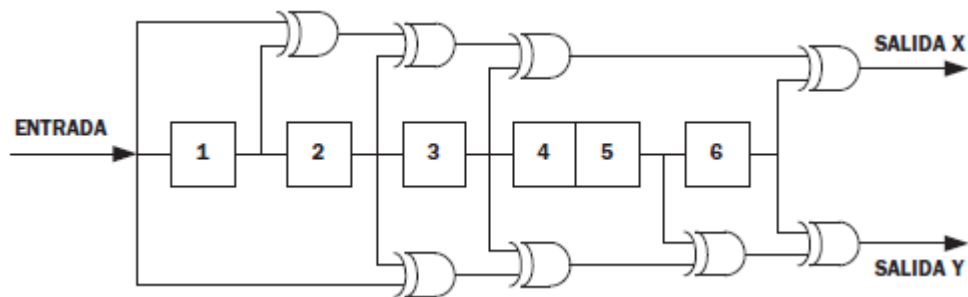
- Codificador convolucional

Luego del entrelazado de bytes, los datos son sometidos a un nuevo proceso, en este caso a una codificación de tipo convolucional y se complementa con otro proceso denominado punzonado, según la configuración elegida, se obtiene uno de los valores de la tasa de codificación (K_i).

“El codificador convolucional es un dispositivo compuesto por un registro de desplazamiento de n etapas y una serie de compuertas OR Exclusiva” (Pisciotta et al., 2013). La figura 11 ilustra el esquema del codificador convolucional utilizado en el estándar ISDB-Tb, compuesto por 6 celdas de memoria de un bit, 8 compuertas OR Exclusiva y 8 derivaciones, por lo tanto, tiene un total de 64 estados (2^6) y una tasa de codificación de $1/2$ (una entrada, dos salidas).

Figura 11

Codificador convolucional de $KI = 1/2$.



Nota: (Pisciotta et al., 2013)

Todas las especificaciones técnicas sobre la codificación de canal deben ajustarse estrictamente a lo establecido en la tabla 4.

Tabla 4

“Parámetros del sistema de transmisión”.

Parámetros			Valores				
1	Número de segmentos	13					
2	Ancho del segmento	6.000/14 = 428,57 kHz					
3	Banda UHF	5,575	MHz	1	(modo	1)	
		5,573	MHz	2	(modo	2)	
		5,572 MHz 3 (modo 3)					
4	Número de portadoras	1	405	(modo			1)
		2.809		(modo			2)
		5.617 (modo 3)					
5	Método de modulación	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM					

6	Duración de los símbolos activos	252	μs	(modo 1)
		504	μs	(modo 2)
		1.008 μs (modo 3)		
7	Separación de portadoras	$B_{ws}/108$	= 3,968	kHz (modo 1)
		$B_{ws}/216$	= 1,984	kHz (modo 2)
		$B_{ws}/432 = 0,992$ kHz (modo 3)		
8	Duración del intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la duración del símbolo activo		
		63;	31,5;	15,75; 7,875 μs (modo 1)
		126;	63;	31,5; 15,75 μs (modo 2)
		252; 126; 63; 31,5 μs (modo 3)		
9	Duración total de los símbolos	315;	283,5;	267,75; 259,875 μs (modo 1)
		628;	565;	533,5; 51 7,75 μs (modo 2)
		1 260; 1 134; 1 071; 1 039,5 μs (modo 3)		
10	Duración del cuadro de transmisión	204 símbolos OFDM		
11	Codificación de canal	Código convolucional, tasa = 1/2 con 64 estados		
		Punzado para las tasas 2/3, 3/4, 5/6, 7/8		
12	Entrelazamiento interno	Entrelazamiento intra e inter-segmentos		
		(entrelazamiento en frecuencia)		
		Entrelazamiento convolucional con profundidad de interleaving		
		0;	380;	760; 1.520 símbolos (modo 1)
		0;	190;	380; 760 símbolos (modo 2)
		0; 95; 190; 380 símbolos (modo 3)"		

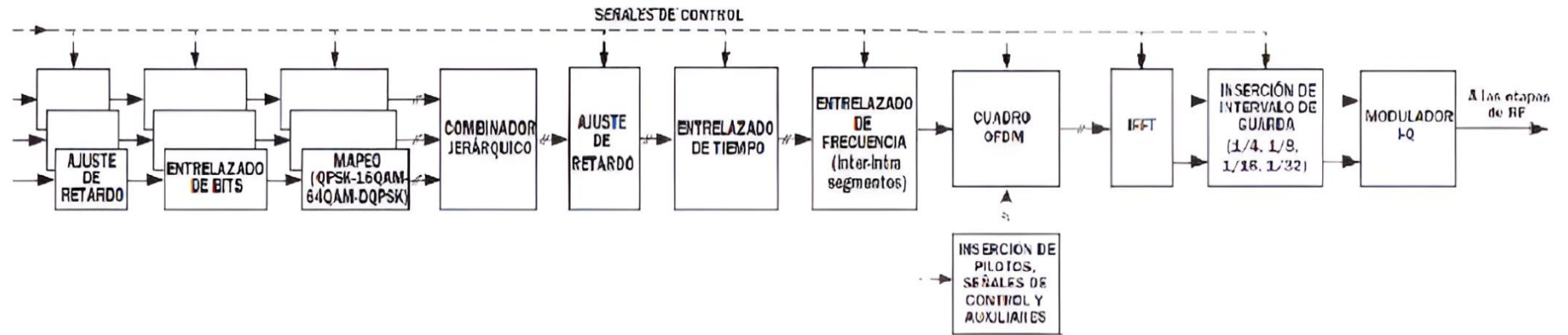
Nota: (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

2.2.5 Modulación de la portadora

Tanto ISDB-T como ISDB-Tb se basan en la modulación OFDM codificada (COFDM), este método de modulación ofrece algunas ventajas como por ejemplo, la resistencia a la interferencia multitrayecto. La figura 12 ilustra el diagrama de bloques de la etapa de modulación en ISDB-Tb.

Figura 12

Diagrama de bloques de la etapa de modulación.



Nota: (Pisciotta et al., 2013)

- Ajuste de retardo

Al especificar distintos parámetros de modulación para cada capa, como, por ejemplo, número de segmentos asignados por capa, esquema de modulación y relación de codificación convolucional, existen diferentes tiempos de procesamiento de las señales una vez realizado el entrelazado de bits, por lo que, es fundamental realizar un nuevo ajuste de retardo para asegurar la ecualización de los tiempos de tránsito de los bits de cada capa jerárquica.

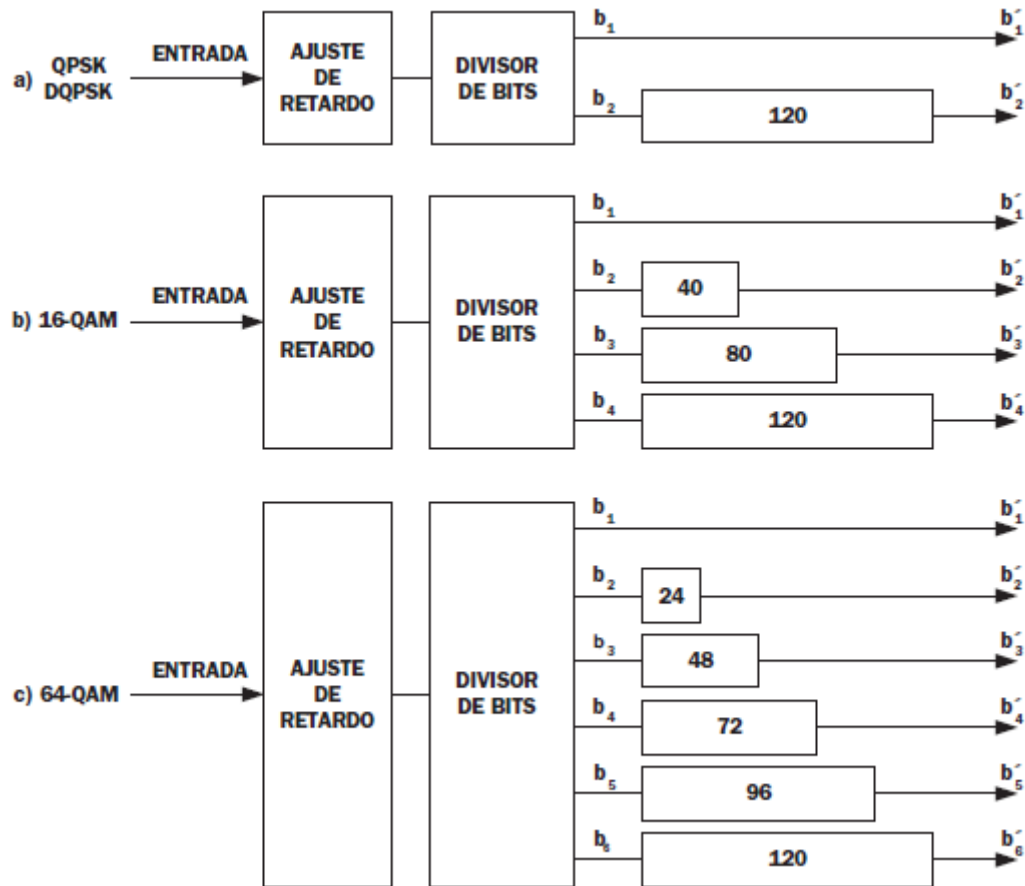
- Entrelazado de bits

De acuerdo al esquema de modulación que se emplea, la cantidad de líneas necesarias a la salida del divisor de bits es el siguiente: QPSK, DQPSK, 2 líneas, 16-QAM, 4 líneas y 6 líneas para 64-QAM, y se envía un bit por cada una de ellas.

La figura 13 detalla las configuraciones de los entrelazadores de bits asociados a cada esquema de modulación.

Figura 13

Configuración de los entrelazadores de bits para cada esquema de modulación.



Nota: (Pisciotta et al., 2013)

- **Mapeo de bits**

El procesamiento de los flujos binarios de datos es completamente digital hasta la etapa final del transmisor, eso significa que las etapas de mapeo de bits cumplen solo con esa función y que no se trata de moduladores QPSK o QAM completos, es decir, no hay en esta etapa, moduladores balanceados, sumadores I-Q ni osciladores de subportadora (Pisciotta et al., 2013). Estas últimas funciones son ejecutadas por el bloque de transformada inversa rápida de Fourier (IFFT).

- Combinador jerárquico

Luego de que los bits de datos codificados correspondiente a cada capa jerárquica han sido mapeados, se transforman en símbolos, es decir pares ordenados complejos I-Q de acuerdo al esquema de modulación empleado. Hasta la etapa de mapeo, el proceso de cada capa ha sido realizado siguiendo, en paralelo, tres caminos diferentes (Pisciotta et al., 2013).

Los símbolos de datos se organizan en orden ascendente según las capas jerárquicas (A, B y C) y en orden ascendente por segmentos (0, 1, 2, ...12), formando un símbolo OFDM. El combinador jerárquico se encarga de estructurar esta distribución, asignando los símbolos a los segmentos según la configuración establecida para cada capa.

- Entrelazado de tiempo y frecuencia

Los bits correspondientes a símbolos consecutivos pueden estar relacionados entre sí por el código empleado y en consecuencia no deben ser transmitidos en posiciones físicamente cercanas. Para los códigos de bloque, los bits están relacionados por el código si son parte de la misma palabra, mientras que, para la codificación convolucional, esta relación existe solo si la separación entre bits es varias veces mayor que la longitud de restricción. (Pisciotta et al., 2013)

El entrelazado de tiempo es una primera forma de separación entre símbolos consecutivos, asimismo, existe una manera adicional de separar símbolos, distribuyéndolos sobre frecuencias no adyacentes, lo que se conoce como entrelazado de frecuencia.

- Inserción de piloto y señales de control auxiliares

Los pilotos son señales de referencia insertadas para permitir que el receptor estime y compense las distorsiones del canal, asimismo, las señales de control auxiliares pueden incluir información de la configuración de la transmisión, datos de servicio, información de emergencia, etc. Estas señales ayudan a la correcta decodificación de canal.

- Cuadro OFDM

Tras finalizar el entrelazamiento de los símbolos de datos, en tiempo y en frecuencia, en esta fase se define la estructura correspondiente al cuadro OFDM, añadiendo los símbolos que corresponden a las siguientes señales:

- Pilotos Dispersos
- Piloto Continuo
- TMCC - Canal de Control de Configuración de Transmisión y Multiplexación
- Canales Auxiliares

- Transformada Rápida Inversa de Fourier (IFFT)

Para calcular la IFFT, es necesario seguir el siguiente proceso:

Se deben agrupar en $(2^{M-1} \times 108 \times 13) + 1$ símbolos de datos y señales auxiliares, en donde el símbolo adicional corresponde al piloto continuo. Este número de símbolos complejos, distribuidos en 13 segmentos, constituye un símbolo OFDM.

La IFFT debe tener un módulo $2p \geq (2^{M-1} \times 108 \times 13) + 1$. Los valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5

Parámetros y valores de la IFFT para los tres modos.

Mod o (M)	ΔF (KHz)	Símbolos activos		IFFT				Símbolo s nulos
		Tot al	$BW_{OFDM}(MHz)$	p	Módulo		BW (MHz)	
1	250/63	140	5,57	1	204	2	8,12	643
		5		1	8	K		
2	125/63	280	5,57	1	409	4	6	1287
		9		2	6	K		
3	125/12	561	5,57	1	819	8	2	2575
		7		3	2	K		

Nota: (Pisciotta et al., 2013)

▪ Modulador

Existen dos formas de implementar el modulador, las cuales son:

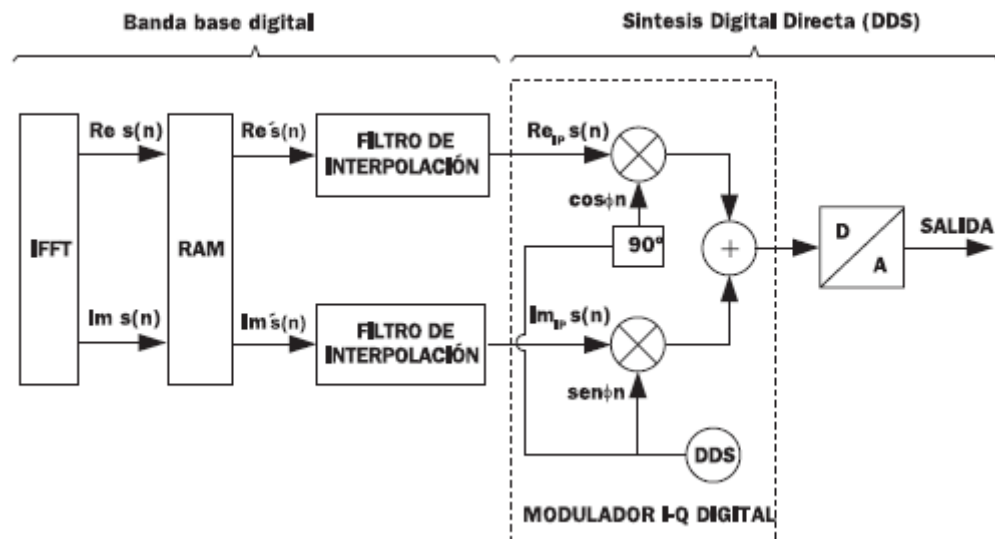
Modulador I-Q digital

Este dispositivo produce símbolos OFDM completamente digitales, por lo que requiere circuito elaborados y costosos.

Este modulador ofrece diversos beneficios, toda vez que sus dos circuitos de procesamiento: I y Q son totalmente digitales. Esto facilita un acoplamiento preciso, eliminando los inconvenientes causados por el desbalance de ganancias y la adaptación de impedancias que suelen presentarse cuando ambos caminos son analógicos. La figura 14 muestra el diagrama de bloques del modulador I-Q digital.

Figura 14

Modulador I-Q digital.



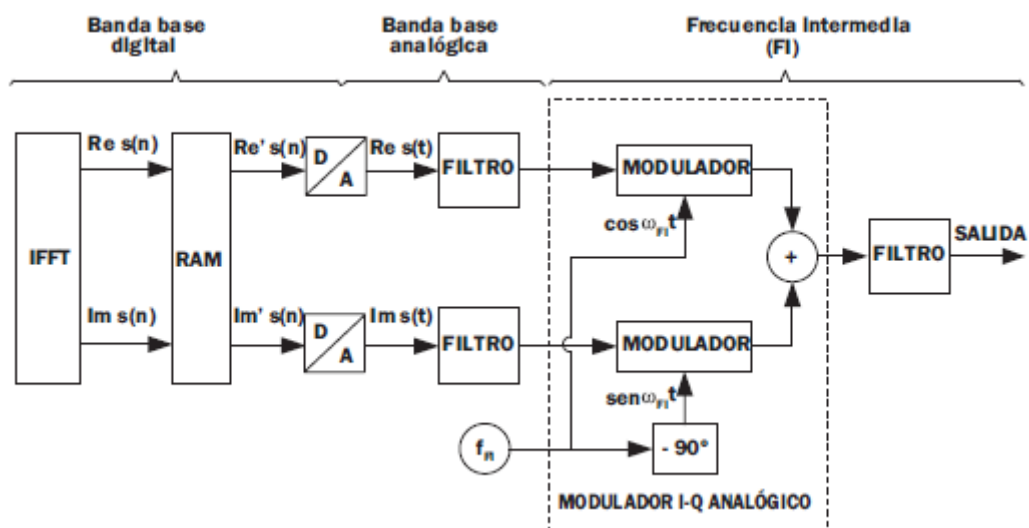
Nota: (Pisciotta et al., 2013)

Modulador I-Q analógico

Este dispositivo implementa la modulación I-Q utilizando componentes analógicos, actualmente son los más utilizados. La figura 15 muestra el diagrama de bloques del modulador I-Q analógico.

Figura 15

Modulador I-Q analógico.



Nota: (Pisciotta et al., 2013)

2.2.6 Receptores

Las características técnicas de los receptores de TDT en el Perú están establecidas en la Resolución Ministerial N° 645-2009-MTC/03, emitida el 21 de septiembre de 2009, siguiendo los lineamientos de la norma de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas. El Anexo 4 presenta el detalle de dichas especificaciones.

2.3 La TDT en el Perú

EL 24 de abril de 2009, el Estado peruano adopta el estándar ISDB-T para la Televisión Digital Terrestre en el país, luego de ello, el 29 de marzo de 2010, se aprueba el Plan Maestro para la Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú. A lo largo de sus sucesivas modificatorias, el plan establece la división del país en cinco territorios, cada uno compuesto por diversas localidades, donde la migración se lleva a cabo de manera. En la tabla 6 se especifican las localidades que integran cada territorio.

Tabla 6

Territorios para la implementación de la TDT.

Territorio	Localidades
1	Lima y Callao
2	Arequipa, Cusco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo
3	Ayacucho, Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno y Tacna
4	Abancay, Cajamarca, Chachapoyas, Huancavelica, Huánuco, Puerto Maldonado, Moquegua, Cerro de Pasco, Moyobamba y Tumbes
5	Localidades no incluidas en los territorios 1, 2, 3 y 4

Nota: (Decreto Supremo N° 020-2017-MTC, 2017)

El citado plan establece dos modalidades para realizar la migración, la transmisión simultánea utilizando dos canales de radiofrecuencia, y, la transición directa, empleando solo un canal, es decir, cuando inicia la transmisión digital se deja de transmitir la programación analógica.

Los plazos para la implementación se detallan en la tabla 7

Tabla 7

Plazos por territorios para el inicio de transmisiones con tecnología digital y apagón analógico.

Territorio	Plazo máximo para el inicio de transmisiones con tecnología digital		Plazo máximo para el fin de las transmisiones con tecnología analógica
	Transmisión simultánea	Transición directa	
1	IV Trimestre 2015	IV Trimestre 2021	IV Trimestre 2024
2	II Trimestre 2018		
3	IV Trimestre 2022		
4	Plazos por	Plazos por	Plazos por
5	establecerse mediante Resolución Ministerial	establecerse mediante Resolución Ministerial	establecerse mediante Resolución Ministerial

Nota: (Decreto Supremo N° 020-2022-MTC, 2022) y (Decreto Supremo N° 015-2023-MTC, 2023)

El 31 de diciembre de 2024 se realiza el apagón analógico de la señal digital en el territorio 1, por lo que, a partir del 1 de enero de 2025, las estaciones ya no transmiten la señal analógica en Lima y Callao.

2.4 De la localidad de Juliaca

La estación de televisión motivo de estudio del presente Trabajo de Suficiencia Profesional se encuentra instalada en la localidad de Juliaca, como se aprecia en la tabla 5, esta localidad se encuentra comprendida dentro del Territorio 03.

La tabla 8 detalla los distritos que conforman la localidad de Juliaca.

Tabla 8

Localidad de Juliaca.

Departamento	Provincia	Distrito
Puno	Azángaro	Achaya
Puno	Azángaro	Calminaca
Puno	Lampa	Calapuja
Puno	San Román	Caracoto
Puno	San Román	Juliaca
Puno	San Román	San Miguel

Nota: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2025)

Por medio de la R.V.M. N° 560-2014-MTC/03 emitida el 8 de septiembre del 2014, se modifica los planes de canalización para distintas localidades de diversos departamentos del país en la banda UHF, entre ellos la localidad de Juliaca. La tabla 9 detalla los canales a autorizar en Juliaca.

Tabla 9

Canales de UHF de la localidad de Juliaca

"Plan de Canalización		Plan de Asignación de Frecuencias	
Canales TV	Frec. Inicial (MHz.)	Frec. Final (MHz.)	Frec. Central (MHz)
15	476	482	479+1/7
16	482	488	485+1/7
17	488	494	491+1/7
18	494	500	497+1/7
19	500	506	503+1/7
20	506	512	509+1/7
21	512	518	515+1/7
22	518	524	521+1/7
23	524	530	527+1/7
24	530	536	533+1/7
25	536	542	539+1/7
26	542	548	545+1/7
27	548	554	551+1/7
28	554	560	557+1/7
29	560	566	563+1/7
30	566	572	569+1/7
31	572	578	575+1/7
33	584	590	587+1/7
35	596	602	599+1/7
39	620	626	623+1/7
41	632	638	635+1/7
43	644	650	647+1/7
45	656	662	659+1/7
47	668	674	671+1/7
49	680	686	683+1/7
51	692	698	695+1/7"

Nota: (Resolución Viceministerial N° 560-2014-MTC/03, 2014)

De acuerdo al plan de canalización, para las estacione de TDT, la máxima e.r.p a autorizar es de 10 kW.

Capítulo III. Planteamiento de la solución

Este capítulo tiene por finalidad determinar las necesidades técnicas para realizar la transición de la estación bajo estudio hacia la TDT, en la localidad de Juliaca, departamento de Puno.

3.1 Equipos utilizados para la transmisión de la señal analógica

Tal como se indica en el numeral 1.2 del presente Trabajo de Suficiencia Profesional, la modalidad aprobada para la migración hacia la TDT en la localidad de Juliaca, para la estación de televisión del IRTP es la transmisión simultánea, es decir transmite su señal análoga y digital en simultáneo, empleando dos canales de radiofrecuencia, hasta el apagón analógico.

Para la transmisión análogo en la banda VHF, la estación cuenta con las siguientes características técnicas autorizadas:

- Canal autorizado: 9 (186 MHz – 192 MHz)
- Frecuencia de video: 187.25 MHz
- Frecuencia de audio: 191.75 MHz
- Potencia del transmisor: 2 kW
- Máxima potencia efectiva radiada (e.r.p.): 8 kW
- Ubicación de la planta transmisora: Cerro Tres Cruces, distrito de Juliaca, con coordenadas geográficas en: L.O.: 70° 08' 09.3" y L.S.: 15° 29' 48.3".

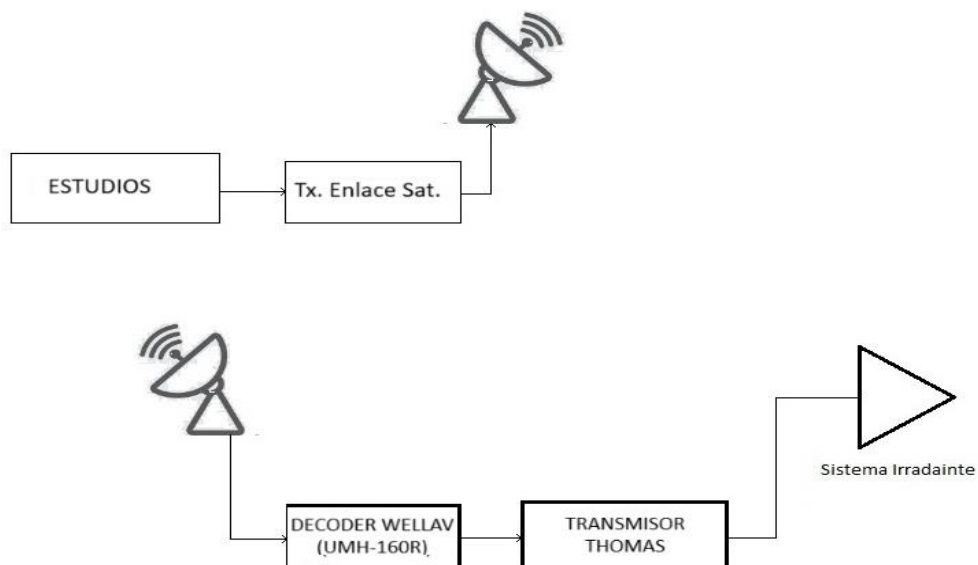
Por otra parte, el contenido que se transmite por la estación de televisión se produce en la sala de estudios ubicados en la ciudad de Lima, el cual se envía hacia la planta de transmisión por un enlace satelital. Al respecto, durante la transmisión simultánea de las dos

señales y posteriormente, luego del apagón analógico, el contenido a transmitir es enviado por el citado enlace satelital.

En la figura 16 se muestra el esquema básico para la transmisión analógica, tal como cuenta la estación materia de estudio del presente Trabajo de Suficiencia Profesional.

Figura 16

Esquema de transmisión para la televisión analógica.



Nota: elaboración propia

3.1.1. Transmisor

La estación cuenta con un transmisor de 2 kW marca Thomson, el cual incluye:

- 2 excitadores, cada uno con su fuente de alimentación
- 2 amplificadores de potencia
- 2 Fuentes de alimentación de potencia
- 1 filtro RF de salida y amplificador, con sonido monofónico o estereofónico.

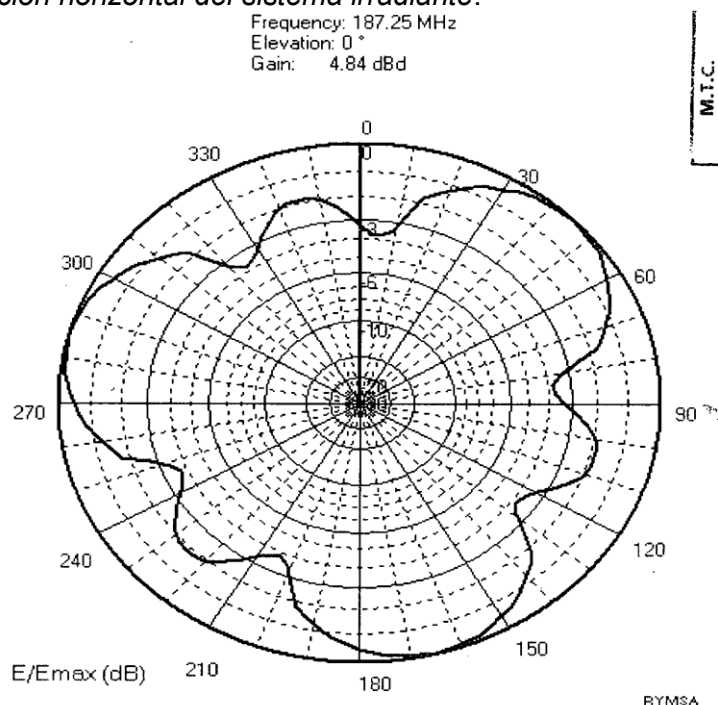
3.1.2 Sistema irradiante

La estación cuenta con un arreglo de antenas de tipo panel de 4 dipolos con polarización horizontal, marca RYMSA, modelo AT 13-243, de 3 caras separadas en ángulos de 120° (ubicados en 45°, 165° y 285°), en un solo bay, con una ganancia unitaria, según catálogo de 3 dB.

La figura 17 ilustra el diagrama de radiación horizontal del sistema irradiante.

Figura 17

Diagrama de radiación horizontal del sistema irradiante.



Nota: expediente técnico

En la tabla 10 se muestra la tabla de valores extraídos del manual del fabricante del sistema irradiante para distintos arreglos de antenas.

Tabla 10*Ganancia de arreglos de antena.*

Número de bays	Número de antenas por bay	Ganancia (dB)
1	2	7.0
	3	5.2
2	2	10.0
	3	8.2
4	2	13.0
	3	11.3
6	2	14.8
	3	13.0
8	2	16.0
	3	14.3

Nota: Manual de antena Ryma Modelo AT 13-243

Si bien, para el arreglo señalado según el catálogo del equipo tiene una ganancia de 5.2 dBd, de acuerdo al expediente técnico proporcionado por el proveedor, el arreglo cuenta con una ganancia de 4.84 dBd y una pérdida de inserción de 0.82 dB, por lo que se considera dichos valores para realizar los cálculos de cobertura.

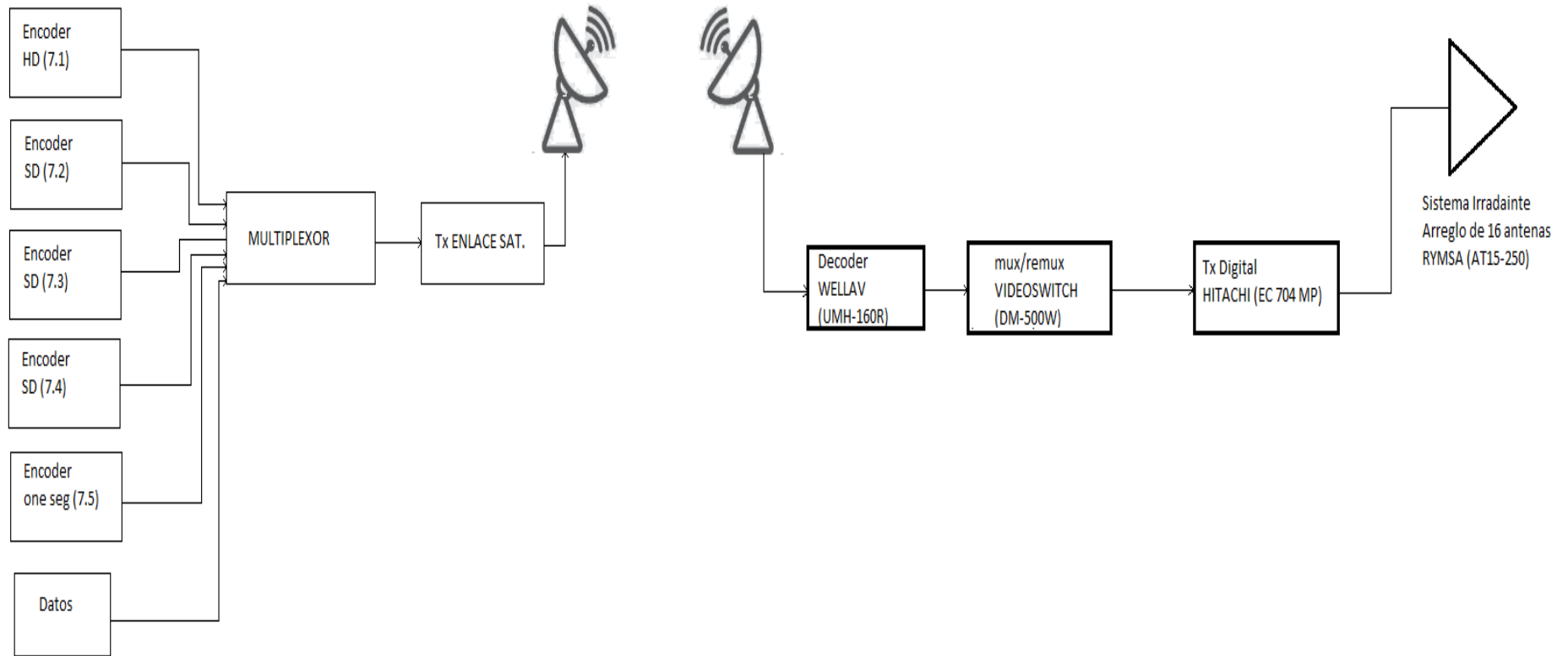
Este sistema irradiante, trabaja en el rango de frecuencia de 174 – 230 MHz, en la Banda III perteneciente a la banda VHF (*Very High Frequency*) , en la cual se encuentra el canal 9 asignado; sin embargo, no es compatible con la banda UHF (*Ultra High Frequency*), perteneciente a las Bandas IV y V, por lo que para la migración a la TDT se necesita adicionar otro sistema irradiante para la TDT, posteriormente luego del apagón analógico en la localidad de Juliaca se debe retirar el sistema irradiante utilizado para la transmisión analógica.

3.2 Equipos utilizados para la transmisión de la señal digital

A continuación, se detalla los equipos a utilizar para la transmisión en TDT.

Figura 18

Esquema para la transmisión de la señal digital.



Para cada servicio, sea *High Definition* (HD), *Standard Definition* (SD) o one-seg, la señal es codificada y multiplexada para ser transmitida por el enlace satelital, los equipos necesarios para esto se encuentran en la ciudad de Lima, luego los datos son recepcionados en la ciudad de Juliaca, donde se transmite la señal de TDT. El presente Trabajo de Suficiencia Profesional detalla el proceso y equipos necesarios que se encuentran en la ciudad de Juliaca, los cuales son:

3.2.1 Decoder Wellav UMH-160R

El equipo receptor de satélite multiformato marca Wellav, modelo UMH-160R, puede recibir señales digitales de varias entradas (DVB-S/S2, DVB-C, DVB-T/ISDB-T, ASI e IP), recibe la señal del enlace satelital y se encuentra conectado al Multiplexor Videoswitch DM-500W.

La figura 19 se muestra un equipo Wellav UMH-160R.

Figura 19

Equipo Wellav UMH-160R.



Nota: Manual Wellav UMH-160R

3.2.2 Descompresor y multiplexor Videoswitch DM-500W

Este dispositivo guarda compatibilidad con los estándares de multiplexación MPEG e ISDB-Tb y está ubicado justo después del receptor Wellav modelo UMH-160R. El equipo DM-500W está diseñado para operar tanto en redes SFN como en redes MFN. Además, tiene la capacidad de generar y retransmitir tablas PSI y SI.

El equipo Multiplexor cuenta con la función de procesamiento EWDT (Emergency Warning Distribution Table), la cual permite activar la alerta de emergencia EWBS. El equipo además posee una interfaz gráfica (WEB).

En la figura 20 se muestra un equipo Descompresor Multiplexor Videoswitch DM-500W.

Figura 20

Equipo descompresor Multiplexor Videoswitch DM-500W.



Nota: manual técnico

3.2.3 Transmisor digital Hitachi EC 704 MP

Transmisor digital, recibe la señal del multiplexor, se encarga de modular y amplificar la señal. La instalación incluye el filtro de máscara crítica.

Se encuentra compuesto de dos partes principales: Excitador y los Módulos de Potencia.

El Excitador contiene el modulador que procesa la señal recibida, los Módulo de Potencia se encargan de amplificar esta señal para la transmisión.

El equipo adquirido contiene un Excitador redundante y transmite a 300 W, (después del filtro).

En la figura 21 se muestra la imagen del equipo transmisor EC704MP

Figura 21

Transmisor Hitachi Kokusain Linear, modelo EC704MP.

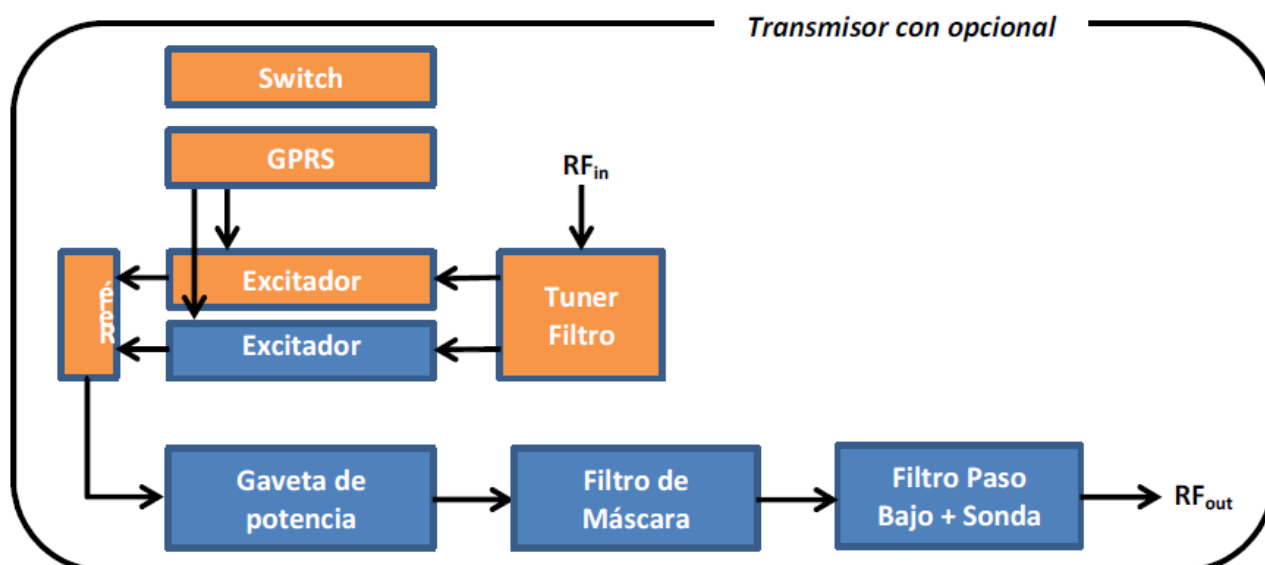


Nota: manual técnico

La figura 22 ilustra el diagrama de bloques del transmisor Hitachi EC704MP.

Figura 22

Diagrama de bloques de Transmisor Hitachi Kokusain Linear, modelo EC704MP.



Nota: Manual técnico

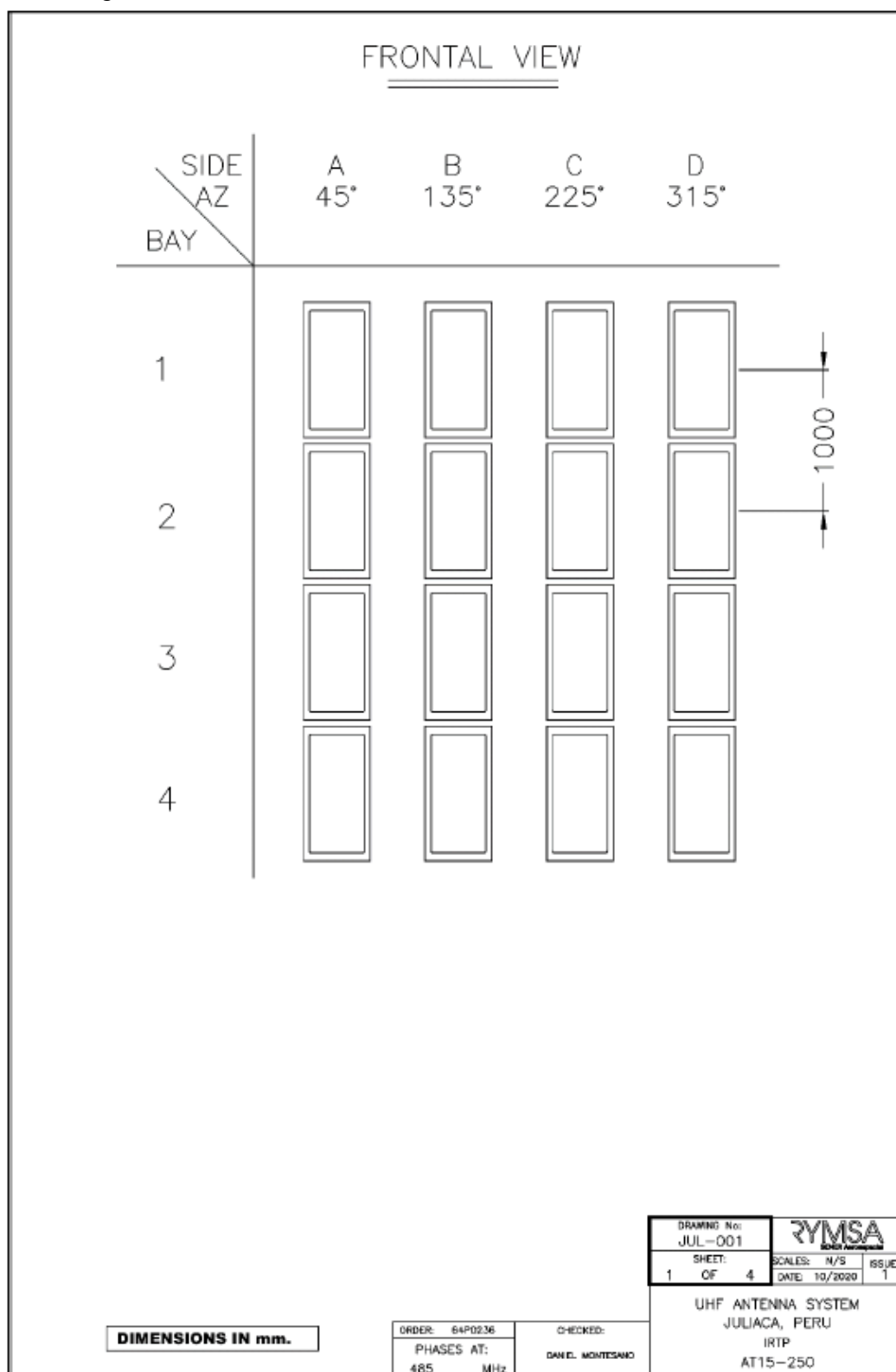
3.2.4 Sistema irradiante

El sistema irradiante está compuesto por 16 antenas de la marca RYMSA modelo AT15-250 de polarización horizontal, las cuales se encuentran distribuidas en 4 bays cada uno se encuentra a una altura de 1 metro más alto que el bay anterior, en cada bay las antenas se encuentran orientadas en 45°, 135°, 225° y 315°, obteniendo un patrón de radiación omnidireccional, asimismo, el sistema irradiante posee un bloque de distribución compuesto por un distribuidor principal modelo DT15-444 y cuatro distribuidores secundarios modelo DA15-414, cada uno para cada bay del arreglo.

La figura 23 muestra el plano de configuración del sistema irradiante, desde la vista frontal.

Figura 23

Plano de configuración del sistema irradiante, vista frontal.

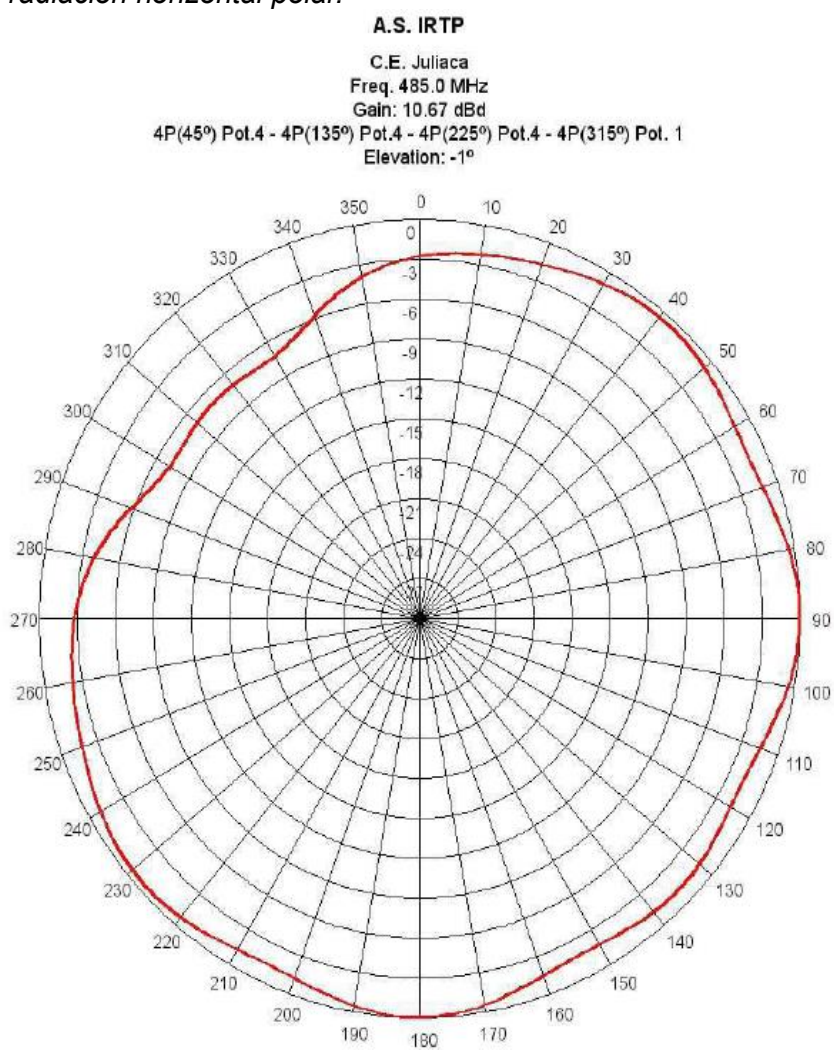


Nota: expediente técnico

La figura 24 muestra el diagrama de radiación horizontal polar del sistema irradiante utilizado.

Figura 24

Diagrama de radiación horizontal polar.

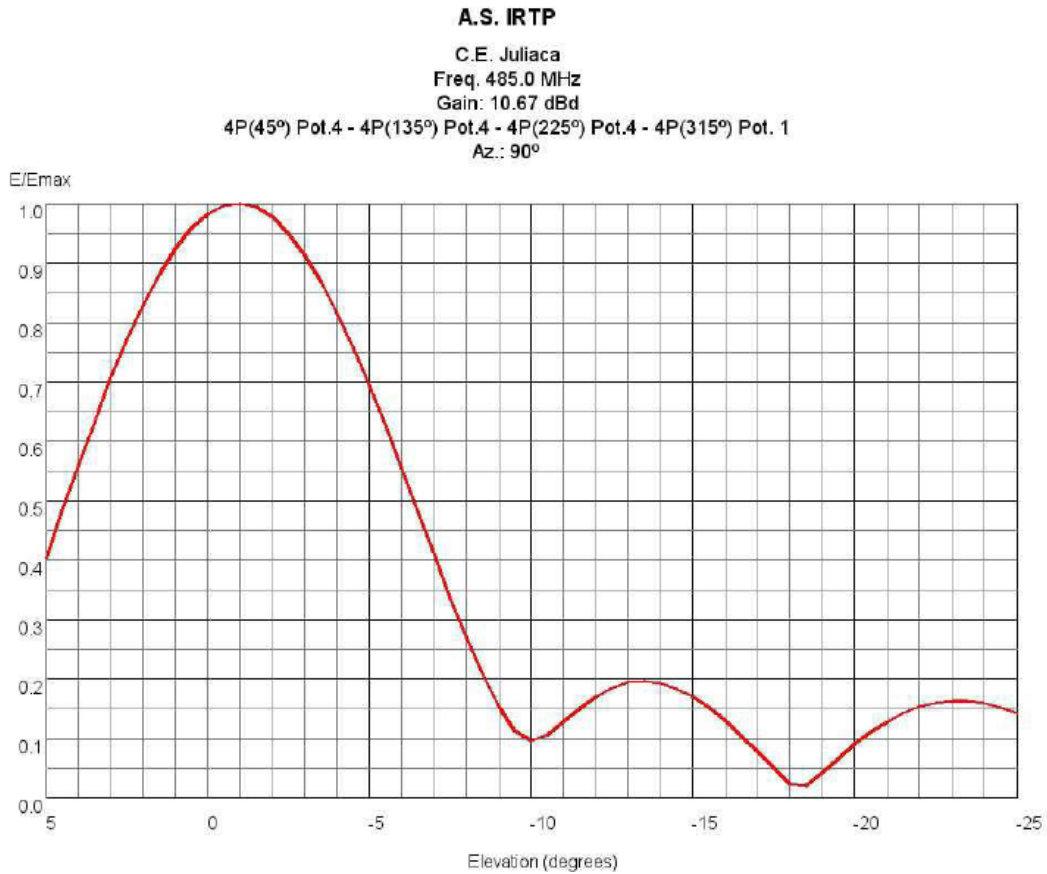


Nota: expediente técnico

La figura 25 el diagrama de radiación vertical.

Figura 25

Diagrama de radiación vertical.



Nota: expediente técnico

De acuerdo a la instalación de las antenas, el sistema irradiante tiene las siguientes características técnicas mostradas en la tabla 11.

Tabla 11

Características técnicas del sistema irradiante.

Banda de frecuencias	470 – 860 MHz
Frecuencia de diseño	485 MHz
Antena unitaria	AT15-250
Número de antenas	16

Orientaciones de radiación	45° - 135° - 225° - 315°
Polarización	Horizontal
Patrón vertical	-1°
Tilt	10%
Relleno del primer nulo	
Ganancia a 485 MHz	10.67 dBd
Pérdidas de inserción a 485 MHz	1.23 dB
Ganancia neta a 485 MHz	9.44 dBd

Nota: expediente técnico

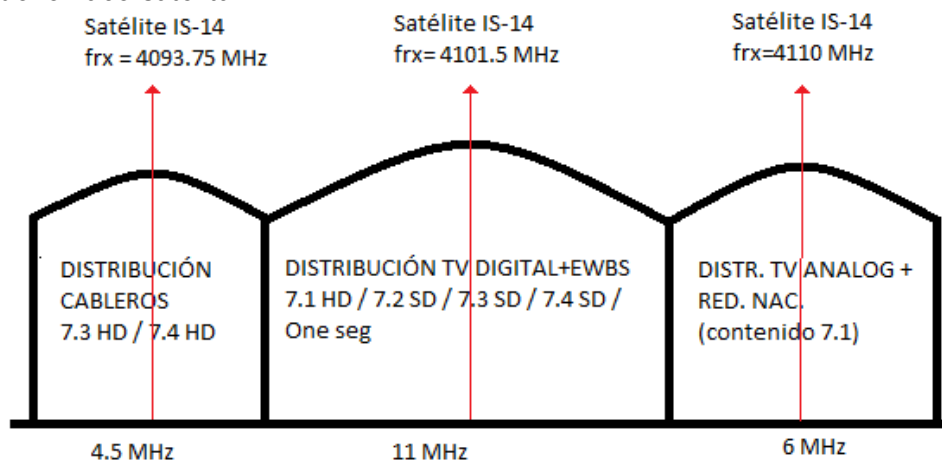
3.3 Enlace satelital

El enlace satelital entre los estudios ubicados en Lima y la ciudad de Juliaca se realiza en banda C mediante el satélite Intelsat 14, por el cual se transmite actualmente la señal para la televisión analógica, para la televisión digital y la señal para cable.

La figura 26 muestra la distribución de la banda C del enlace satelital.

Figura 26

Distribución del enlace satelital.



Nota: elaboración propia

3.4 Sistema de protección eléctrico

El sistema de protección eléctrico cuenta con un estabilizador de voltaje de 5 kVA, marca Hightronic de fabricación nacional.

Este estabilizador es electrónico con tecnología de estado sólido, brinda protección de salida de supresión de picos, sobrecarga, subtensión, sobretensión y cortocircuito, soporta una sobrecarga de 125% de la carga nominal por un minuto.

3.5 Cálculos del área de cobertura

A continuación, se realiza el cálculo de cobertura de la estación de TDT y simulación de la cobertura de la estación de televisión de la señal analógica y digital.

3.5.1 Estación analógica

3.5.1.1 Cálculos de cobertura para la señal analógica (VHF). Para realizar el cálculo del área de cobertura se necesita conocer el valor de la potencia efectiva radiada (e.r.p.). En concordancia a lo señalado en los numerales 3.1.1 y 3.1.2 del presente informe, los valores a considerar son:

P: Potencia del transmisor: 2 kW

G: Ganancia del sistema irradiante: 4.84 dB

Lt: Pérdidas del sistema: 0.82 dB (cables y conectores)

Se calcula la e.r.p. reemplazando los valores P, G y Lt en la ecuación 1:

$$\text{e.r.p.} = P + G - L_t \quad (1)$$

$$\text{e.r.p.} = 3.01 \text{ dBk} + 4.84 \text{ dB} - 0.82 \text{ dB} \quad (2)$$

$$\text{e.r.p.} = 7.03 \text{ dBk} = 5.047 \text{ kW} \quad (3)$$

De acuerdo al Plan de Canalización y Asignación de Frecuencias para el servicio de radiodifusión por televisión en VHF en Juliaca, la máxima e.r.p. permitida es de 8 kW, por lo que, el valor calculado se encuentra dentro del rango permitido.

Para realizar los cálculos de cobertura se halla el valor de la altura efectiva, de acuerdo a la ecuación 4

$$H_{ef} = H_{cr} + H_c - H_n \quad (4)$$

Donde:

H_n = Nivel promedio del terreno, (8 radiales separados 45° , de 3 a 15 Km. espaciados cada 0.5 Km)

H_c = Altura relativa del lugar donde se encuentra instalada la torre, respecto al nivel del mar.

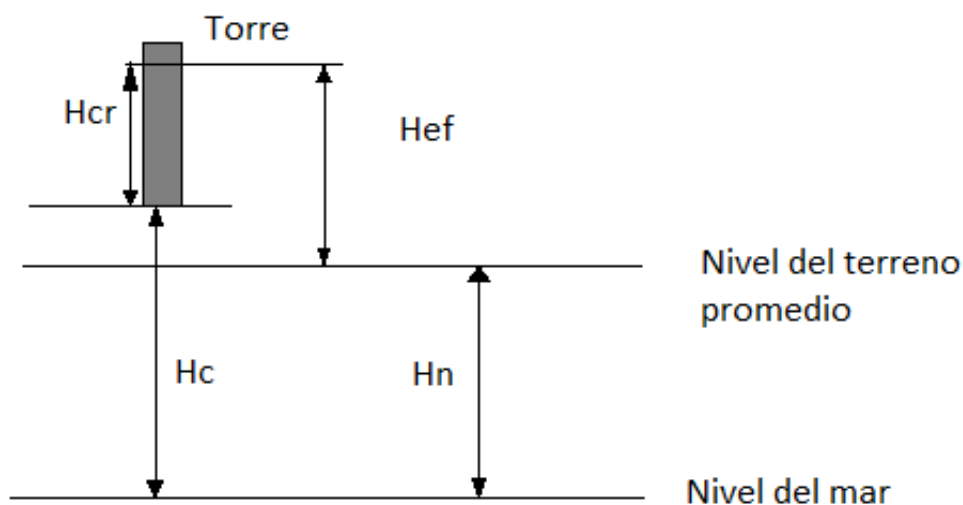
H_{cr} = Altura del centro de radiación

H_{ef} = Altura efectiva

En la figura 27 se muestra gráficamente la ecuación 4

Figura 27

Representación de la altura efectiva



Nota: elaboración propia

Utilizando el programa Radiomobile, se obtiene los siguientes valores:

$H_n = 3850.77 \text{ m.s.n.m.}$

$H_c = 3899.5 \text{ m.s.n.m.}$

$H_{cr} = 24 \text{ m.}$

Reemplazando los valores de H_n , H_c y H_{cr} en la ecuación 4 se obtiene:

$$H_{ef} = 24 + 3899.5 - 3850.77 = 48.73 \text{ m.s.n.m.} \quad (5)$$

La figura 28 detalla los parámetros ingresados en el programa Radiomobile para el cálculo de la altura efectiva.

Figura 28

Valores tomados para el cálculo de la altura efectiva con radiomobile.

The screenshot shows a software window titled "HART Altura sobre el terreno promedio". It contains several input fields and buttons. The "Centro" dropdown menu is set to "PLANTA TX". The "Altura antena sobre el suelo (m)" field is set to "24". The "Paso del azimut (°)" field is set to "45". The "Iniciar a la distancia (km)" field is set to "3". The "Número de puntos por radial" field is set to "27". The "Paso de la distancia (km)" field is set to "0.5". There are two buttons on the right: "Calcular" and "Cancelar". At the bottom right, there are two buttons: "EEOU por defecto" and "Euro por defecto".

Nota: elaboración propia

La propagación de ondas en VHF de las estaciones de radiodifusión obedece la siguiente ecuación 6.

$$E = \frac{88 \times 10^6 \times H_{ef} \times H_r \times \sqrt{P \times G}}{\lambda x d^2} \quad (6)$$

Expresando en su forma logarítmica

$$E = 20 \log \left(\frac{88 \times 10^6 \times H_{ef} \times H_r}{\lambda} \right) + 10 \log(P \times G) - 40 \log d \quad (7)$$

Donde

E: Intensidad de campo libre de obstáculos

H_{ef}: Altura efectiva

H_r: Altura de la antena de recepción = 10 metros

P: Potencia de transmisión (W)

G: Ganancia de la antena

λ: Longitud de onda

d: Distancia de cobertura.

Sin embargo, hay que considerar las pérdidas producidas como:

L_t: Pérdidas del sistema = 0.82 dB (cables y conectores)

L_r: Factor de ruido = 1.5 dB

L_c: Factor de ciudad = 35 – 8 log d

Por lo que, la intensidad de campo eléctrico considerando las pérdidas será:

$$E_r = E - L_t - L_r - L_c \quad (8)$$

Reemplazando en la ecuación 8 obtenemos la expresión:

$$E = 20 \log \left(\frac{88 \times 10^6 \times H_{ef} \times H_r}{\lambda} \right) + 10 \log(P \times G) - 40 \log d - L_t - L_r - L_c \quad (9)$$

$$E = 20 \log \left(\frac{88 \times 10^6 \times H_{ef} \times H_r}{\lambda} \right) + 10 \log(P \times G) - L_t - 40 \log d - L_r - L_c \quad (10)$$

Donde la expresión $10 \log (P \times G) - L_t$, es el resultado de la e.r.p. de la estación (en W.)

Así, también para calcular la longitud de onda, se toma en consideración la Frecuencia de video de la estación, en este caso la estación opera en canal 9 (187.25 MHz).

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{187.25 \times 10^6} = 1.60 \text{ m} \quad (11)$$

Se va a calcular la distancia de cobertura para el contorno de $E = 71 \text{ dB}\mu\text{V/m}$, reemplazando todos los valores en la ecuación 10:

$$71 = 20 \log \left(\frac{88 \times 10^6 \times 48.73 \times 10}{1.6} \right) + 10 \log(5047) - 40 \log d - 1.5 - (35 - 8 \log d) \quad (12)$$

Despejando obtenemos:

$$71 = 209.09 - 32 \log d$$

Donde:

$$d = 20\,668 \text{ m} = 20.668 \text{ km} \quad (13)$$

3.5.1.2 Simulación de cobertura de la señal analógica. Para realizar la simulación de la cobertura de la estación analógica se utiliza el programa Radiomobile, de acuerdo a los siguientes parámetros:

Frecuencia: 186 MHz – 192 MHz (Canal 9)

Potencia del transmisor: 2 kW

Ganancia del sistema irradiante: 4.84 dBd

Pérdidas totales: 0.82 dB

E.R.P.: 5.047 kW

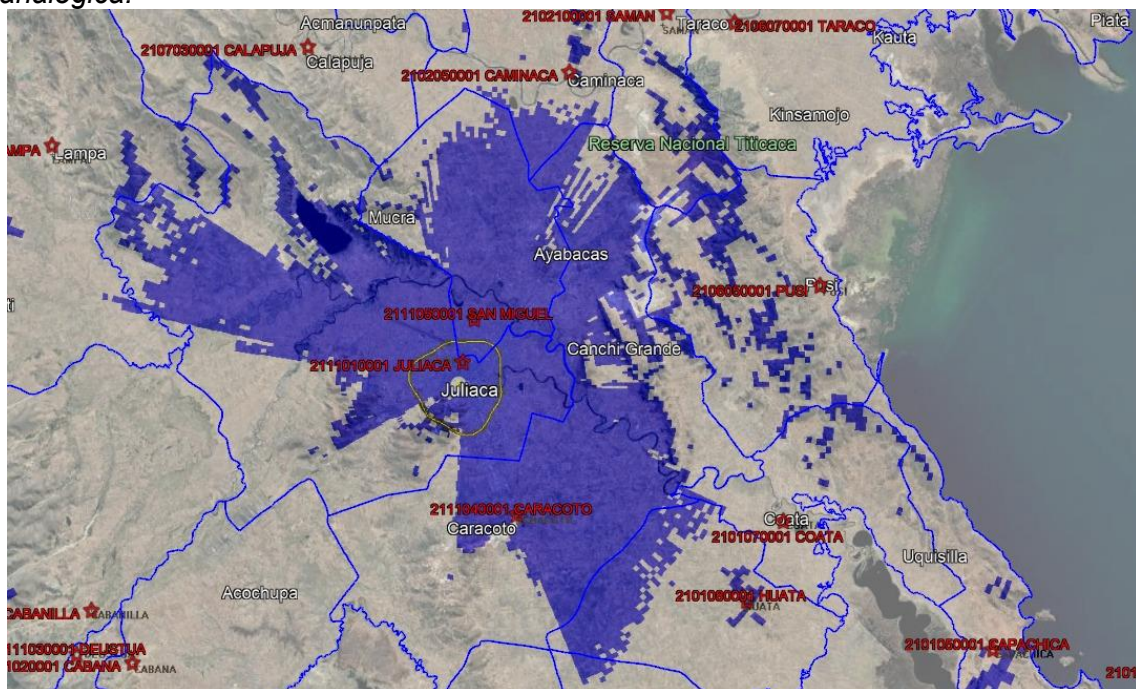
Contorno de protección: 71 dBuV/m

Azimut: 45° - 165° - 285°

En la figura 29 se muestra la zona de cobertura de la estación en Google Earth, de acuerdo a la simulación efectuada mediante el programa Radiomobile, de acuerdo a los datos calculados (e.r.p.= 5.047 kW)

Figura 29

Imagen de Google Earth con la simulación realizada en radiomobile para la estación analógica.



Nota: elaboración propia

3.5.2 Estación digital

3.5.2.1 Cálculos de cobertura para la señal digital (UHF). Para realizar el cálculo del área de cobertura, se realizó el cálculo de la e.r.p. de la estación digital, de acuerdo a los parámetros señalados en la tabla 11 del presente trabajo.

P: Potencia del transmisor = 300 W = 0.3 kW = -5.23 dBk

G: Ganancia de la antena = 10.67 dBd

Lt: Pérdidas del sistema = 1.23 dB

Se realiza el cálculo de la e.r.p. reemplazando los valores de P, G y Lt en la ecuación 14:

$$e.r.p. = P + G - Lt \quad (14)$$

$$e.r.p. = -5.23 \text{ dBk} + 10.67 \text{ dB} - 1.23 \text{ dB} \quad (15)$$

$$e.r.p. = 4.21 \text{ dBk} = 2.637 \text{ kW} \quad (16)$$

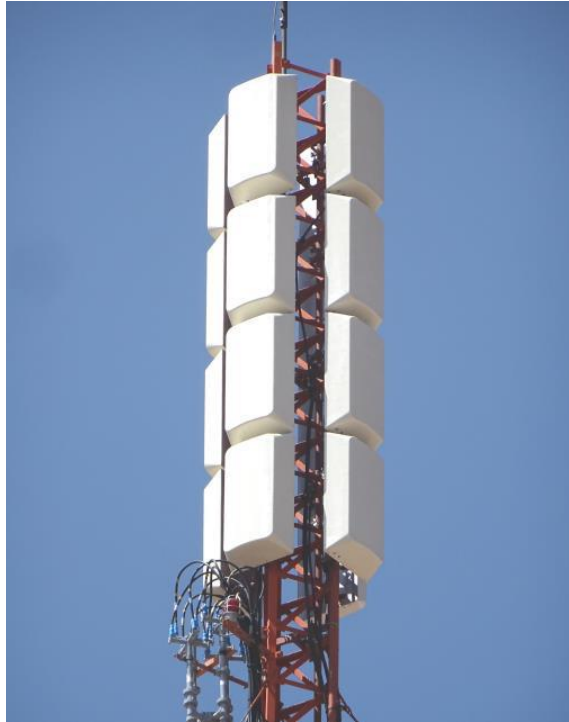
Se puede observar que la e.r.p. calculada (2.637 kW) no supera la máxima e.r.p. autorizada en la localidad para la televisión en UHF que utilice el estándar ISDB-T, cuyo valor es de 10 kW.

Para calcular la altura efectiva, se utiliza la ecuación 4, donde la Hc y Hn tienen los mismos valores que para los cálculos realizados para la señal analógica, toda vez que, el sistema irradiante se encuentra en la misma torre. Sin embargo, la Hcr varía toda vez que las antenas para la TDT se encuentran ubicadas a diferente altura.

En la figura 30 se aprecia que el bay más alto se encuentra casi en la cima de la torre que mide 30 metros y considerando que cada bay se encuentra 1 metro por debajo, la altura del centro de radiación es aproximadamente 28 metros.

Figura 30

Sistema irradiante para la estación TDT.



Nota: elaboración propia

Utilizando el programa Radiomobile, se obtiene los siguientes valores:

$H_n = 3850.77 \text{ m.s.n.m.}$

$H_c = 3899.5 \text{ m.s.n.m.}$

$H_{cr} = 28 \text{ m.}$

Reemplazando los valores de H_n , H_c y H_{cr} en la ecuación 4 se obtiene:

$$H_{ef} = 28 + 3899.5 - 3850.77 = 52.73 \text{ m.s.n.m.} \quad (17)$$

La figura 31 detalla los parámetros ingresados en el programa Radiomobile para el cálculo de la altura efectiva.

Figura 31

Valores tomados para el cálculo de la altura efectiva con radiomobile para la estación TDT.

The image shows a software interface window titled "HART Altura sobre el terreno promedio". It has a close button (X) in the top right corner. The window is divided into two main sections. The top section contains a dropdown menu labeled "Centro" with "PLANTA TX" selected, and a text input field labeled "Altura antena sobre el suelo (m)" with the value "28". To the right of these are two buttons: "Calcular" and "Cancelar". The bottom section contains four input fields arranged in a 2x2 grid: "Paso del azimut (°)" with "45", "Iniciar a la distancia (km)" with "3", "Número de puntos por radial" with "27", and "Paso de la distancia (km)" with "0.5". To the right of these fields are two buttons: "EEUU por defecto" and "Euro por defecto".

Nota: elaboración propia

De acuerdo a las Normas Técnicas del Servicio de Radiodifusión, las cuales fueron aprobadas mediante R.M. N° 358-2003-MTC/03, el contorno de protección para una estación de UHF en TDT es 55 dbμV/m (Resolución Ministerial N° 610-2024-MTC/01.03, 2024).

Para obtener el valor de la distancia de cobertura de una estación UHF en TDT, se utiliza la “Curva de Predicción del método Longley / Race, aprobado por la *Federal Communications Commission* (FCC) de los Estados Unidos, Curva F(50,90)”.

Para calcular la intensidad de campo eléctrico se utiliza la siguiente ecuación.

$$E_0 = E - 10 \log (e.r.p.) \quad (18)$$

Donde

E_0 : Intensidad de campo a ser leída en la curva F(50,90)

E : Intensidad de campo mínimo requerido = 55 db μ V/m

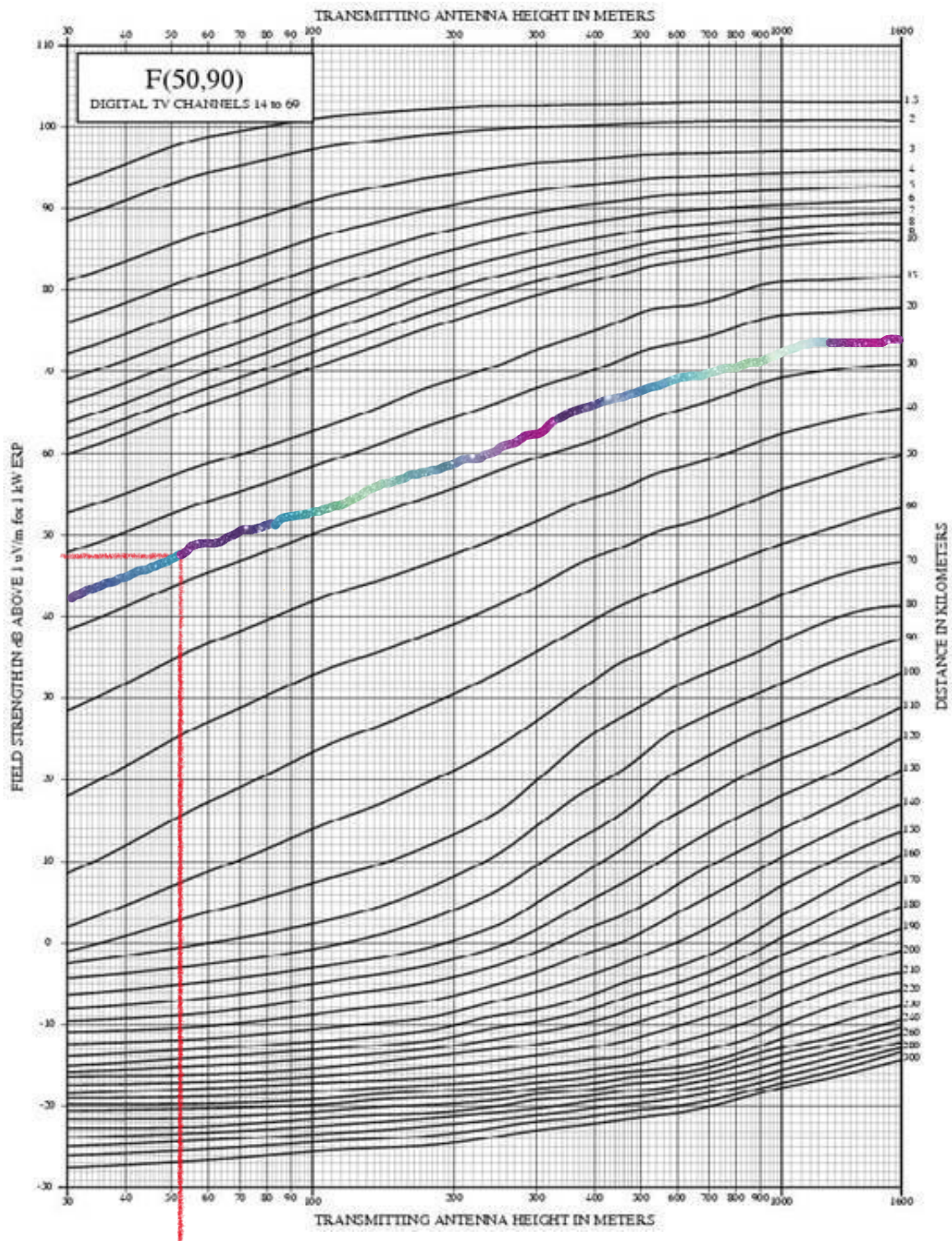
$$E_0 = 55 - 10 \log (2.637) = 55 - (4.21) \quad (19)$$

$$E_0 = 50.79 \quad (20)$$

Se debe trasladar el valor obtenido en la ecuación 20 a la curva F(50, 90). En la figura 32 se muestra el cálculo de intensidad de campo, empleando la referida Curva de Predicción. Trasladando el valor obtenido en la ecuación 20 a la curva F(50, 90), se observa que la distancia de cobertura es aproximadamente 22 Km.

Figura 32

Cálculo de intensidad de campo, utilizando la Curva F(50,90), para una e.r.p de 2.637 kW.



Se hace el cálculo de cobertura para la máxima e.r.p. aprobada para la localidad (10 kW), donde:

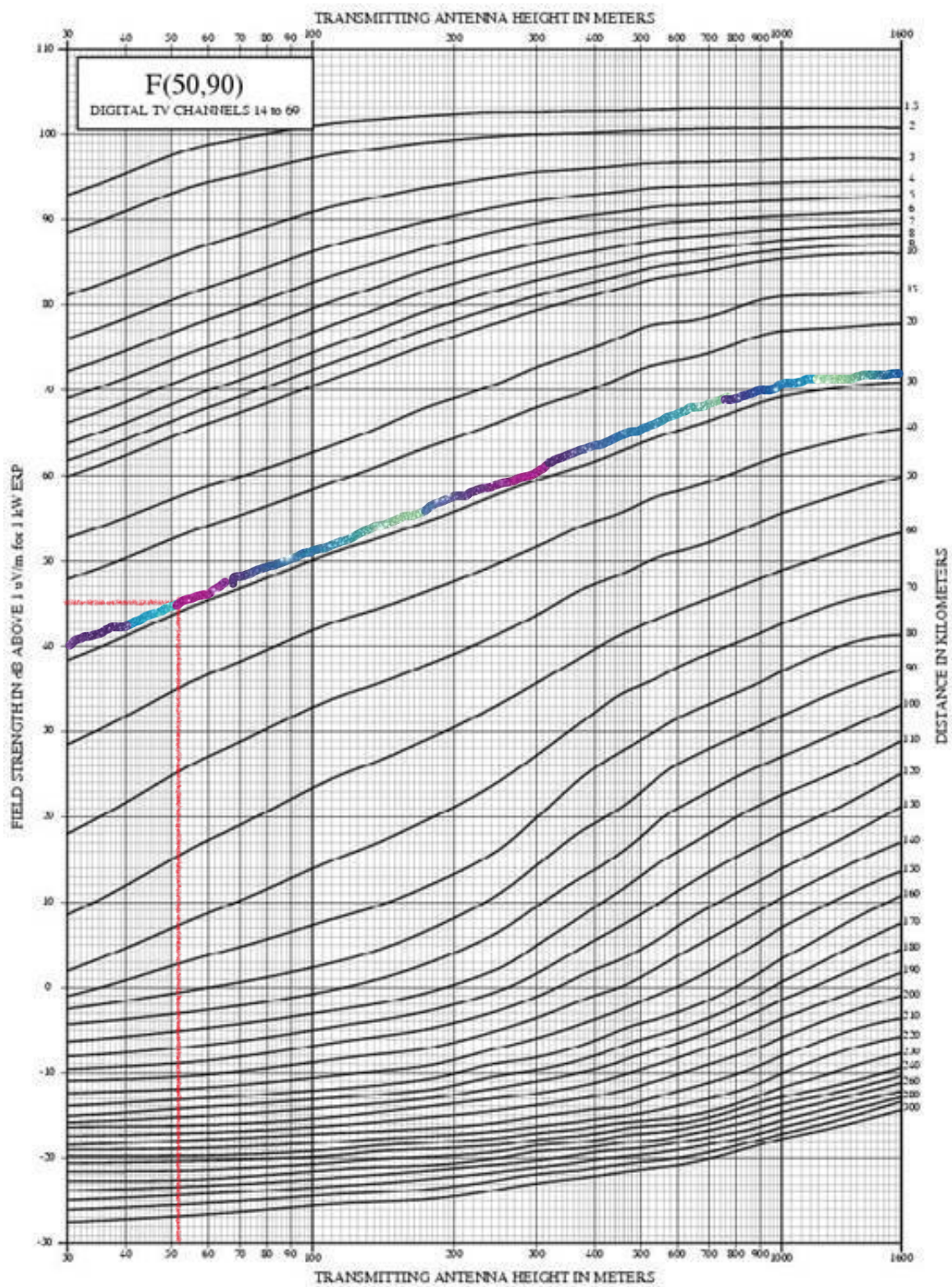
$$E_0 = 55 - 10 \log (10) = 55 - 10 \quad (21)$$

$$E_0 = 45 \quad (22)$$

En la figura 33 se muestra el cálculo de intensidad de campo, utilizando la referida Curva de Predicción. Trasladando el valor obtenido en la ecuación 22 a la curva F(50, 90), se observa que la distancia de cobertura es aproximadamente 29 Km.

Figura 33

Cálculo de intensidad de campo, utilizando la curva $F(50,90)$, para una e.r.p. de 10 kW.



Nota: elaboración propia

3.5.2.2 Simulación de cobertura de la señal digital. Para realizar la simulación de la zona de cobertura de la estación se utiliza el programa Radiomobile.

Parámetros utilizados:

Frecuencia = 482 MHz – 488 MHz (canal 16)

Potencia del Transmisor = 0.3 kW

Ganancia de antena = 10.67 dBd

Pérdidas totales = 1.23 dB

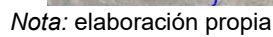
Contorno de protección = 55 dBuV/m

Polarización = Horizontal

Diagrama de Radiación horizontal de la antena: Casi omnidireccional, de acuerdo a la figura 24.

En la figura 34 se puede apreciar la simulación realizada con el programa Radiomobile, para el valor de la e.r.p. calculado de acuerdo a los cálculos realizados en la ecuación 16, esto es 2.637 kW.

Imagen de Google Earth con la simulación realizada en radiomobile para la estación digital.



Así como para el cálculo de la distancia de cobertura, se realiza la simulación considerando la máxima e.r.p. establecida en la localidad de Juliaca para la TDT, es decir, 10 Kw. La figura 35 muestra los resultados de dicha simulación.

Imagen de Google Earth con la simulación realizada en radiomobile para la estación digital para una e.r.p. de 10 kW.



65

Capítulo IV. Análisis y presentación de resultados

Este capítulo presenta los costos incurridos para realizar la migración analógica – digital en la modalidad de transmisión simultánea. Además, se detalla el cronograma para dicha migración.

4.1 Costos incurridos para la transición hacia la TDT

Para el cálculo de los costos incurridos para la implementación de la TDT en la localidad de Juliaca, departamento de Puno, se considera los nuevos equipos instalados en la citada localidad, toda vez que, por ejemplo, los equipos Encoder, ubicados en la ciudad de Lima, se encuentran instalados con anterioridad, puesto que son los encargados de codificar las señales de los diferentes servicios y transmitidos a la localidad de Lima y a las diferentes plantas transmisoras del país a través del enlace satelital o vía microondas. Asimismo, el receptor satelital marca Wellav, modelo UMH-160R, también se encuentra instalado previamente en la planta transmisora de Juliaca, dado que por dicho enlace llega la señal a transmitirse para la televisión analógica.

En esta sección abordaremos los costos del equipamiento empleado para la puesta en funcionamiento de la TDT en la localidad de Juliaca, cabe precisar que, si bien los algunos equipos se compraron para varias estaciones, como por ejemplo el Descompresor y Multiplexor Videoswitch DM-500W, los costos mostrados en este Trabajo de Suficiencia Profesional son los precios de los equipos instalados en la ciudad de Juliaca:

Tabla 12

Costos de equipos.

Cantidad	Descripción	Precio Total (S/.)
1	Videoswitch DM-500W	
1	Descompresor-Multiplexor ISDB-Tb. Compatible con el estándar MPEG e ISDB-Tb	32,922.69
1	Servicios profesionales, incluye - Puesta en marcha de manera remota - Soporte anual y actualizaciones de manera remota. - Capacitación online	44,326.29
1	Transmisor de TV Digital ISDB-T, de 300 Wrms de potencia (después del filtro), con Excitador redundante, en Rack de 8 RU. Marca Hitachi Kokusai Linear (EC704MP)	74,831.00
1	Estabilizador de voltaje monofásico con transformador de aislamiento	1,895.00
1	Sistema irradiante (incluye instalación) (16) antenas RYMSA AT-15-250 (16) Latiguillos (04) RYMSA DA15-414 Distribuidor asimétrico (4.4.4.1) 4 vías (01) RYMSA DT15-444 Distribuidor de UHF, simétrico en potencia y fase, 4 vías. (01) Diseño de herrajes específicos paneles a torre y bloque distribuidor (80) Grapa para cable de 1/2" (04) Cinta de autovulcanizado (02) Cinta de sellado	158,619.50
1	Accesorios de instalación (50m) Cable coaxial 1 5/8" (02) Conector 1 5/8" (50) Grapa para cable 1 5/8" (02) Kit de puesta a tierra para cable 1 5/8" (01) Pasa muros (01) Malla de izado (02) EIA 1 5/8" inner connector (01) Export drum	31,258.50
1	Presurizador modelo LAB4.50	13,830.50
SubTotal S/.		357,683.48
I.G.V. 18% S/.		64,383.03
TOTAL S/.		422,066.51

Nota: elaboración propia

4.2 Cronograma para la migración analógica - digital

A continuación, se detalla el cronograma para la realización de la migración de la TDT, en la localidad de Juliaca.

Se ha dividido el presente proyecto en diferentes etapas, como la compra de equipos y el montaje de los mismos.

La tabla 13 muestra el cronograma de los procesos para realizar la migración, se toma en consideración el inicio del proyecto con la compra de equipos, de acuerdo a lo indicado anteriormente, algunos equipos se adquirieron para varias estaciones, es por ello, que los plazos se prolongaron.

Tabla 13

Etapas del proceso.

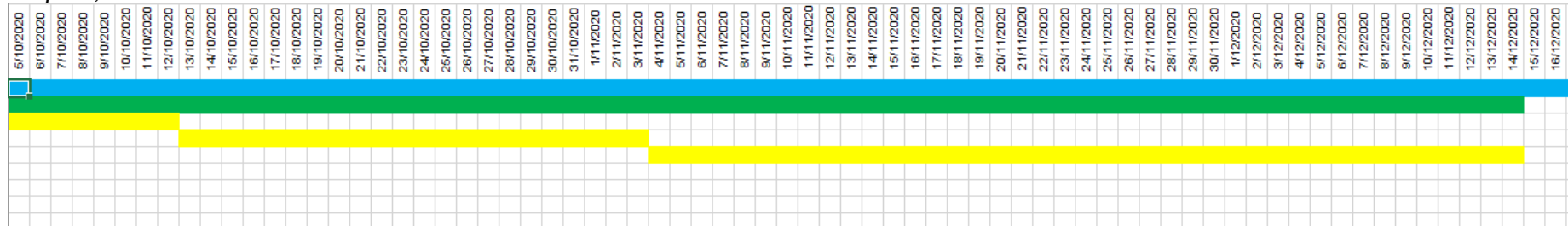
Etapas/ Actividad	Migración a la TDT en la localidad de Juliaca, modalidad transmisión simultánea	Duración (días)	Inicio	Fin
Etapas	Compra de equipos	1360	5/10/2020	26/06/2024
Actividad 1.1	Compra de sistema irradiante	70	5/10/2020	14/12/2020
Actividad 1.1.1	Elaboración de Términos de Referencia	7	5/10/2020	12/10/2020
Actividad 1.1.2	Proceso de Concurso	21	13/10/2020	3/11/2020
Actividad 1.1.3	Adjudicación de compra, entrega y montaje en torre	40	4/11/2020	14/12/2020
Actividad 1.2	Compra de equipo Descompresor Multiplexor (20 unid)	58	5/06/2020	2/08/2020
Actividad 1.2.1	Elaboración de Términos de Referencia	4	5/06/2020	9/06/2020

Actividad	Proceso de Concurso	26	10/06/20	6/07/202
1.2.2			23	3
Actividad	Adjudicación de compra y entrega de	27	6/07/202	2/08/202
1.2.3	equipos		3	3
Actividad	Compra de equipos transmisor	85	2/04/202	26/06/20
1.3			4	24
Actividad	Elaboración de Términos de Referencia	8	2/04/202	10/04/20
1.3.1			4	24
Actividad	Proceso de Concurso	26	11/04/20	7/05/202
1.3.2			24	4
Actividad	Adjudicación de compra y entrega de equipo	50	7/05/202	26/06/20
1.3.3			4	24
Actividad	Compra de Estabilizador de corriente (8)	22	4/06/202	26/06/20
1.4			4	24
Actividad	Elaboración de Términos de Referencia	6	4/06/202	10/06/20
1.4.1			4	24
Actividad	Orden de compra y entrega de equipos	15	11/06/20	26/06/20
1.4.2			24	24
Etapas 2	Montaje de equipos	7	28/08/20	4/09/202
			24	4
Actividad	Conexión y cableado de antena	1	28/08/20	29/08/20
2.1			24	24
Actividad	Instalación de equipos para TDT y	0	2/09/202	2/09/202
2.2	estabilizador		4	4
Actividad	Pruebas de funcionamiento e inicio de	1	3/09/202	4/09/202
2.3	transmisión		4	4

Mediante las figuras 36, 37, 38 y 39 se muestran el Diagrama de Gantt, utilizado para el planeamiento de las actividades, el cual se utiliza para la elaboración de la tabla 13. La figura 36, 37 y 38 grafica la Etapa 1, mientras que la figura 39 detalla el proceso de la Etapa 2.

Figura 36

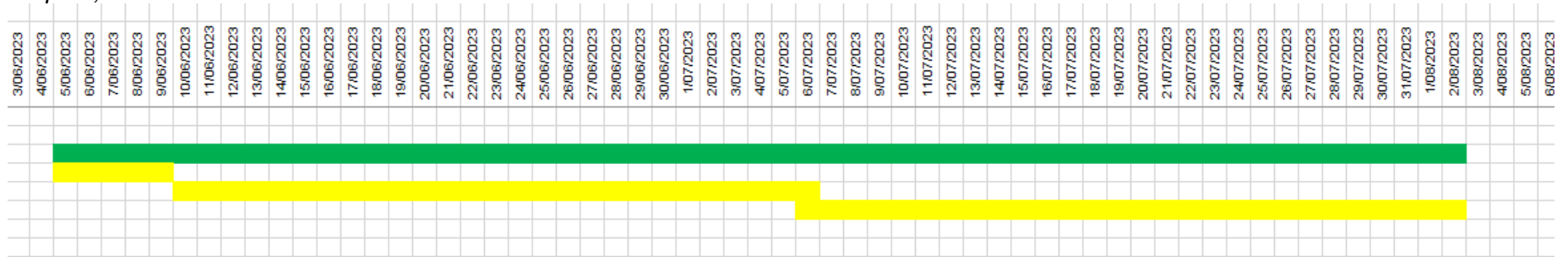
Etapas 1, Actividad 1.1.



Nota: elaboración propia

Figura 37

Etapas 1, Actividad 1.2.



Nota: elaboración propia

Figura 38

Etapa 1, Actividades 1.3 y 1.4.

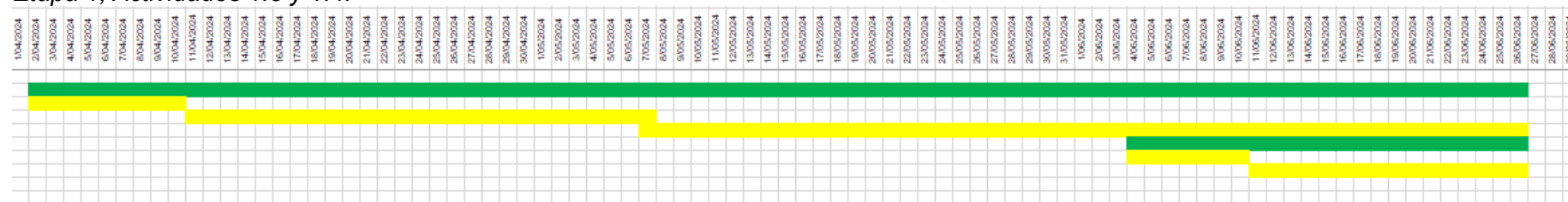


Figura 39

Etapa 2.

Etapa/Actividad	Migración a la TDT en la localidad de Juliaca, modalidad transmisión simultánea	Duración	Inicio	Fin	19/08/2024	20/08/2024	21/08/2024	22/08/2024	23/08/2024	24/08/2024	25/08/2024	26/08/2024	27/08/2024	28/08/2024	29/08/2024	30/08/2024	31/08/2024	1/09/2024	2/09/2024	3/09/2024	4/09/2024
Actividad 1.1.2	Proceso de Concurso	21	13/10/2020	3/11/2020																	
Actividad 1.1.3	Adjudicación de compra, entrega y montaje en torre	40	4/11/2020	14/12/2020																	
Actividad 1.2	Compra de equipo Descompresor Multiplexor (20 unid)	58	5/06/2023	2/08/2023																	
Actividad 1.2.1	Elaboración de Términos de Referencia	4	5/06/2023	9/06/2023																	
Actividad 1.2.2	Proceso de Concurso	26	10/06/2023	6/07/2023																	
Actividad 1.2.3	Adjudicación de compra y entrega de equipos	27	6/07/2023	2/08/2023																	
Actividad 1.3	Compra de equipos transmisor	85	2/04/2024	26/06/2024																	
Actividad 1.3.1	Elaboración de Términos de Referencia	8	2/04/2024	10/04/2024																	
Actividad 1.3.2	Proceso de Concurso	26	11/04/2024	7/05/2024																	
Actividad 1.3.3	Adjudicación de compra y entrega de equipo	50	7/05/2024	26/06/2024																	
Actividad 1.4	Compra de Estabilizador de corriente (8)	22	4/06/2024	26/06/2024																	
Actividad 1.4.1	Elaboración de Términos de Referencia	6	4/06/2024	10/06/2024																	
Actividad 1.4.2	Orden de compra y entrega de equipos	15	11/06/2024	26/06/2024																	
Etapa 2	Montaje de equipos	7	28/08/2024	4/09/2024																	
Actividad 2.1	Conexión y cableado de antena	1	28/08/2024	29/08/2024																	
Actividad 2.2	Instalación de equipos para TDT y estabilizador	0	2/09/2024	2/09/2024																	
Actividad 2.3	Pruebas de funcionamiento e inicio de transmisión	1	3/09/2024	4/09/2024																	

Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados en el presente Trabajo de Suficiencia Profesional, las conclusiones a las cuales se llegan son:

1. Efectuados los respectivos estudios técnicos de ingeniería, para la implementación de la TDT en la localidad de Juliaca, departamento de Puno, por parte del IRTP, se ha llegado a la conclusión que el área de cobertura apropiada para que la señal irradie apropiadamente en la localidad de Juliaca es de 22 km.
2. Completada la instalación de los equipos para la transmisión de TDT en la localidad de Juliaca por parte del IRTP, la cual incluye su respectivo equipo de protección eléctrica, y luego de haberse realizado las pruebas de funcionamiento, se ha comprobado su correcta operación y funcionamiento, dándose de esta manera inicio a la transmisión con señal digital, en setiembre de 2024.
3. Concluida la instalación de los equipos para brindar el servicio de TDT por parte del IRTP en la localidad de Juliaca, se ha determinado que costos incurridos para la implementación de la televisión digital del IRTP, son de S/.422,066.51.

Recomendaciones

Luego de la realización del presente trabajo de suficiencia profesional, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Es recomendable que el IRTP realice el inicio de transmisiones con tecnología digital en las demás estaciones del país, sobre todo en aquellas cuyo plazo para el inicio de dichas transmisiones hubiera vencido, con el fin de cumplir lo dispuesto en el plan maestro.
2. Se recomienda que el IRTP mejore los procesos de adquisición de equipos, a fin de no generar retrasos en los futuros proyectos.
3. Se recomienda realizar campañas de información a la población de Juliaca, a fin que puedan saber que tienen la posibilidad de acceder a la señal de TDT, y disfrutar de sus beneficios, como la gratuidad, mejor calidad de video y audio, etc.

Referencias bibliográficas

- Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2007). *ABNT NBR 15601*. Televisión digital terrestre – Sistema de transmisión ISDB-Tb. <https://abnt.org.br/>
- Chie, S., Zambrano, M., & Medina, C. (2016). Estándares actuales de televisión digital: Una breve reseña. *Prisma Tecnológico*, 6(1), 19-23. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/606>
- Fisher, W. (2020). *Digital Video and Audio Broadcasting Technology* (4ta Edición ed.). doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-32185-7>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (21 de marzo de 2025). *Sistema de Información Distrital para la Gestión Pública*. [//estadist.inei.gob.pe/map](https://estadist.inei.gob.pe/map)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2009). *RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 645-2009-MTC-03*. Diario Oficial El Peruano.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2024). *Resolución Ministerial N° 610-2024-MTC/01.03*. Diario Oficial El Peruano.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2025). *Registro Nacional de Frecuencias*. 16 de marzo de 2025. <https://rnf.mtc.gob.pe/Television>
- Pisciotta, N., Liendo, C., & Lauro, R. (2013). *Transmisión de Televisión Digital Terrestre en la Norma ISDB-Tb*. Cenpage Learning.
- Presidencia de la República del Perú. (2010, 29 de marzo). *Decreto Supremo N° 017-2010-MTC*. Diario Oficial El Peruano.
- Presidencia de la República del Perú. (2017, 30 de diciembre). *Decreto Supremo N° 026-2017-MTC*. Diario Oficial El Peruano.

Presidencia de la República del Perú. (2017, 30 de setiembre). *Decreto Supremo N° 020-2017-MTC*. Diario Oficial El Peruano.

Presidencia de la República del Perú. (2022, 23 de diciembre). *Decreto Supremo N° 020-2022-MTC*. Diario Oficial El Peruano.

Presidencia de la República del Perú. (2023, 14 de octubre). *Decreto Supremo N° 015-2023-MTC*. Diario Oficial El Peruano.

The Broadcast Standards Association [ATSC]. (2025). 5 de febrero de 2025.
<https://www.atsc.org/>

Viceministerio de Comunicaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2014, 18 de setiembre). *Resolución Viceministerial N° 560-2014-MTC/03*. Diario Oficial El Peruano.

Villamarín, D., Olmedo, G., Lara, R., & Augusta, M. (2012). Generación de Transport Stream con Audio, Video y Datos de Interactividad para el Sistema de Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb. *MASKAY*, 2(1), 49–55.
doi:<http://dx.doi.org/10.24133/maskay.v2i1.147>

Anexos

Anexo 1: Manual de antena Rymsa AT13-243.....	1
Anexo 2: Manual de antena Rymsa AT15-250.....	2
Anexo 3: Manual Decoder Wellav UMH160R	3
Anexo 4: Especificaciones técnicas de los receptores	6

Anexo 1: Manual de antena Rymsa AT13-243



Micro Communications, Inc.
Div. of The McGraw-Hill Companies

Band III 4 Dipoles Panel Especially Suitable For Triangular Masts Model: AT13-243



made by RYMSA

Electrical Specifications

Frequency range	174-230 MHz		
Peak gain	10 dB (ref. $\lambda/2$ dipole)		
3 dB beam width	E-planes: 78°		H-planes: 26°
Polarization	Horizontal		
Impedance	50 Ohm		
VSWR	$\leq 1.1:1$		
Maximum power handling peak sync	2 KW	3.5 KW	6 KW
Maximum power handling RMS	1.4 KW	2.5 KW	4.2 KW
Connector type	DIN 7/16	EIA 7/8"	DIN 13/30
Pressurization	Non pressurized	Gas barrier on input connector	

Mechanical & Environmental Specifications

Materials	Reflector & dipoles Feed points radome	Hot dip galvanized steel Fiberglass
Dimensions (W x D x H)	1000 x 530 x 2900 mm	
Maximum wind speed	200 Km/h	
Wind load (front)	1465 N (@160 Km/h)	
Wind load (lateral)	976 N (@160 Km/h)	
Weight	65 Kg	
Typical mounting	Triangular arrangement tower	
Clamp type	To Ø 80 – 115 mm pipe	
Vertical spacing	3200 mm	
Grounding	DC grounded	
Temperature range	-40°C to +80°C	
Humidity	100%	

Antenna System Characteristics

Number of Bays	Number ant. per bay	Peak gain (dBd)	Weight (Kg)	Wind load (Ø160 Km/h)	System height (mm)
1	2	7.0	130	3.2 KN	2900
	3	5.2	195	4.6 KN	
2	2	10.0	260	6.3 KN	6100
	3	8.2	390	9.2 KN	
4	2	13.0	520	12.6 KN	12500
	3	11.3	780	18.5 KN	
6	2	14.8	780	18.9 KN	18900
	3	13.0	1170	27.7 KN	
8	2	16.0	1040	25.2 KN	25300
	3	14.3	1560	37.0 KN	

Micro Communications Inc

15 Canon Street

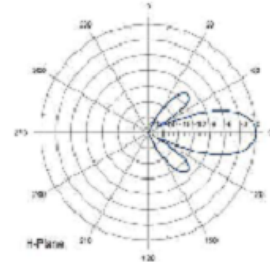
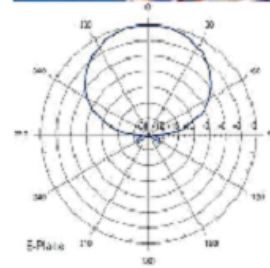
Merrimack, NH 03054

1-800-545-0608

1-603-429-0800

Fax: 1-603-429-1633

Email: sales@mcibroadcast.com Web: www.mcibroadcast.com



NOTES:
 - Table supplies data up to 8 bays only for simplification purposes; systems with more bays are available.
 - Full fit, beam fit, harness & feeder losses NOT included.
 - Wind load & weight figures without considering GOM, splices & hardware

Anexo 2: Manual de antena Rymsa AT15-250



AT15-250

Band IV/V horizontal polarization panel • Especially suitable for square masts

Electrical Specifications

Frequency range	470-862 MHz			
Peak gain	11.5 dB (ref. $\lambda/2$ dipole)			
3 dB beam width	E-plane: 61°		H-plane: 26°	
Polarization	Horizontal			
Impedance	50 Ohm			
VSWR	$\leq 1.1:1$ typical ($\leq 1.13:1$ max) -26 dB typical (-24 dB max.)			
Maximum power handling peak sync	1.4 kW	3.5 kW	4.2 kW	6.5 kW
Maximum power handling RMS	1 kW	2.5 kW	3 kW	4.5 kW
Connector type	DIN 7/16	EIA 7/8"	DIN 13/30	EIA 1 5/8"
Pressurization	Non pressurized	Gas barrier on input connector		

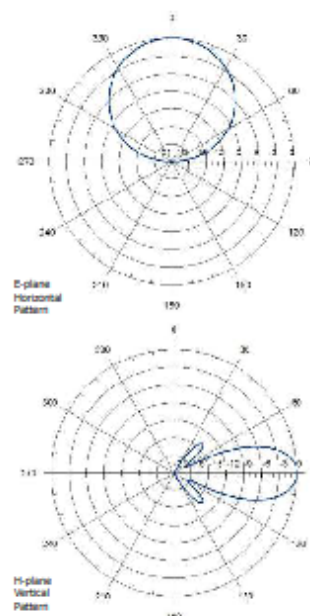


Mechanical & Environmental

Materials	Reflector & radiating elements	Aluminium (Stainless steel available on request)
	Radome Radome colour	Fiberglass Red or white on request
Dimensions (W x D x H)		483 x 264 x 983 mm
Maximum wind speed		225 km/h
Wind load (front)		743 N (@160 km/h)
Wind load (lateral)		258 N (@160 km/h)
Weight		10 kg (model with DIN 7/16 connector)
Typical mounting		Several combinations depending on the radiation pattern required (square typical)
Vertical spacing		1000 mm
Grounding		DC grounded
Temperature range		-40°C to +80°C
Humidity		100%

Antenna System Characteristics

Number of Bays	Number ant. per bay	Peak gain (dBd)	Weight (kg)	Wind load (@160 km/h)	System height (mm)
1	2	8.4	20	1.1 kN	1000
	3	6.6	30	1.6 kN	
	4	5.3	40	1.5 kN	
2	2	11.4	40	2.2 kN	2000
	3	9.6	60	3.2 kN	
	4	8.3	80	3.1 kN	
4	2	14.4	80	4.4 kN	4000
	3	12.6	120	6.4 kN	
	4	11.4	160	6.2 kN	
6	2	16.1	120	6.6 kN	6000
	3	14.4	180	9.6 kN	
	4	13.1	240	9.3 kN	
8	2	17.4	160	8.8 kN	8000
	3	15.6	240	12.8 kN	
	4	14.4	320	12.4 kN	



NOTES:

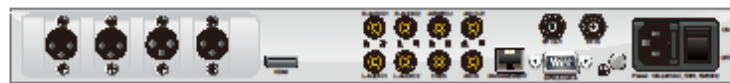
- Table supplies data up to 8 bays only for simplification purposes; systems with more bays are available.
- Null fill, beam tilt, harness & feeder losses NOT INCLUDED.
- Wind load & weight figures without considering cables, splitters & hardware.

Anexo 3: Manual Decoder Wellav UMH160R

UMH160R SD/HD Receiver/Decoder



160R-Base



160R-SDI



INTRODUCTION



The UMH160R is a powerful and cost-effective broadcast level decoder. It supports signal receiving, multi-channel descrambling and external table/data insertion. It also supports MPEG2/MPEG4 SD/HD program decoding with two audio channels. With a remote, web-based management interface, it is ideal to support advanced content distribution, real-time signal conversion and transmission for any headend system.

KEY FEATURES

Receiving and Input

- RF inputs support multiple standards of signal receiving including DVB-S2X/S2/S/T2/T/C, 8VSB and ISDB-T
- Supports ASI input

Output

- H.264 or MPEG2 HD/SD 4:2:0 8-bit video decoding
- HDMI, SD/HD SDI and CVBS output
- SDI output with 2 embedded audios
- 1 audio decoding through AES/EBU digital audio output, 2 pairs of balanced and unbalanced analog audio output
- GPI alarm

Data Processing

- Two separate common interfaces support multi-channel descrambling and makes the unit compliant with various popular CAM cards
- Embedded BISS-1 & BISS-E supports service level descrambling
- VBI subtitle insertion on analog video
- PSI/SI processing and regeneration
- Supports TS & EIT pass-through

Management

- 1 Ethernet 10/100Base-TX, RJ45
- Web-based user interface
- Front panel keypad and LCD
- SNMP supported for system integration

+86-0752-2760099-8080

sales@wellav.com

www.wellav.com

SPECIFICATIONS

DVB-S/S2 INPUT	
Input	1xRF (F-type, single input), 75Ω
	2xRF (F-type, dual input), 75Ω
Constellation	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK, 64APSK
Symbol Rate	1~45 Mbps
Input Frequency	950~2150 MHz
Max bitrate	150Mbps
Signal Level	-65~-25 dBm
LNB PS	DC 13/18V
22K Switch	on/off

DVB-C INPUT	
Input	1xRF (F-type, single input), 75Ω
	2xRF (F-type, dual input), 75Ω
Symbol Rate	3.6~6.952 MBauds
QAM Type	J.83 A/B/C
Input Frequency Range	48~862 MHz
Max bitrate	55Mbps
Signal Level	40~80 dBuV

DVB-T/T2 INPUT	
Input	1xRF (F-type, single input), 75Ω
	2xRF (F-type, dual input), 75Ω
DVB-T	
Constellation	QPSK/16/64QAM
Bandwidth	6/7/8M
Input Frequency Range	48~862 MHz
Max bitrate	31.67Mbps
Transmission Mode	2K, 8K
DVB-T2	
Constellation	16/32/64/128/256QAM
Bandwidth	1.7/5/6/7/8/10 MHz
Input Frequency Range	48 ~ 862 MHz
Max bitrate	50Mbps
Transmission Mode	1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 32K

ISDB-T/TB INPUT (OPTIONAL)	
Input	1xRF (F-type, single input), 75Ω
	2xRF (F-type, dual input), 75Ω
Constellation	QPSK/16/64QAM DQPSK
Bandwidth	1.7/5/6/7/8/10 MHz
Input Frequency Range	48 ~ 862 MHz
Carriers Mode	1K ~ 42K, 3K

ATSC INPUT	
Input	1xRF (F-type, single input), 75Ω
	2xRF (F-type, dual input), 75Ω
Constellation	8VSB
Bandwidth	6MHz
Input Frequency Range	57 ~ 803 MHz (Fixed freq)
Max bitrate	19.39Mbps

DVB-ASI	
Interface	2 BNC, 75Ω (1 x ASI input, 1 x ASI output)
Max bitrate	100Mbps
Packet Type	188/204 Bytes
Input Mode	byte and burst
Output Mode	byte and burst

DVB DE-SCRAMBLING	
DVB Common Interface	2 slots
Bit-rate	Max 100Mbps
CAM Supported	NEOTION, SMIT, ASTON and other major CAMs
CAS Supported	CONAX, IRDETO, Novel-Super TV, CTI and other CAS
BISS 1& BISS E	Program level

SPECIFICATIONS

VIDEO DECODING	
Decoding Format	MPEG2 SD 4:2:0 MP@ML
	MPEG2 HD 4:2:0 MP@ML
	MPEG4 AVC SD MP@L3
	MPEG4 AVC HD MP@L4.0/HP@4.0
Resolution	576i, 480i (BT.656)
	1080i50, 1080i60, 1080i59.94
	720P50, 720P60, 720P59.94
	1080P24, 1080P30, 1080P59.94, 1080P60(HDMI only)
Bitrate	MPEG2 video: 2.0~15Mbps (CBR & VBR)
	MPEG4 Video: 1.0~20Mbps (CBR & VBR)
Subtitle and audio	Passthrough

PHYSICAL & ENVIRONMENT	
Input Voltage	100 ~ 240 VAC
Power Consumption	Approx. 40W
Rack Space	1 RU
Dimensions (WxHxD)	19"x1.7"x17.3"
Operating Temperature	0° C to 50° C
Storage Temperature	-10° C to 70° C
Relative Operating Humidity	<95%
MTBF	>150,000 hours

AUDIO DECODING	
Audio Format	MPEG1 Layer II
	Dolby Digital (AC-3)
	Dolby Digital Plus (E/AC-3)
	AAC (MPEG2, MPEG4/HE v1.2, MPEG4/LC)
Adjustable Volume Level	-63~0dB
Audio Mode	Stereo, dual mono, Single Mono
Bitrate	64~384Kbps

ORDER INFORMATION

Model	Description
UMH160R-Base	1 x RF Input, ASI in/out, HDMI/CVBS decoding, IP management, MPEG1L2 (support), AC3 (optional), AAC (optional)
UMH160R-SDI	1 x RF Input, ASI in/out, HDMI/CVBS/SDI decoding, IP management, MPEG1L2 (support), AC3 (optional), AAC (optional)

* The terms HDMI and HDMI High-Definition Multimedia Interface, and the HDMI Logo are trademarks or registered trademarks of HDMI Licensing LLC in the United States and other countries.

Anexo 4: Especificaciones técnicas de los receptores

El Peruano
Lima, martes 22 de setiembre de 2009

 **NORMAS LEGALES**
403021

entre las cuales se encuentra el viaje que realizarán los inspectores de la Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para las acciones de inspección y vigilancia de actividades de aeronáutica civil;

Que, la Ley N° 27261, Ley de Aeronáutica Civil del Perú, establece que la Autoridad Aeronáutica Civil es ejercida por la Dirección General de Aeronáutica Civil, como dependencia especializada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones;

Que, en virtud a dicha competencia, la Dirección General de Aeronáutica Civil es responsable de la vigilancia de la seguridad de las operaciones aéreas, seguridad que comprende la actividad de chequear las aptitudes del personal aeronáutico de los explotadores aéreos así como el material aeronáutico que emplean;

Que, la empresa Aero Transportes S.A. "ATSA" ha presentado ante la autoridad aeronáutica civil su solicitud para ser atendida durante el mes de setiembre de 2009, acompañando los requisitos establecidos en el marco del Procedimiento N° 05 correspondiente a la Dirección General de Aeronáutica Civil, previsto en el Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones;

Que, asimismo, la empresa Aero Transportes S.A. "ATSA" ha cumplido con el pago de los derechos de tramitación correspondiente al Procedimiento a que se refiere el considerando anterior, ante la Oficina de Finanzas de la Oficina General de Administración del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. En tal sentido, los costos del respectivo viaje de inspección, están íntegramente cubiertos por la empresa solicitante del servicio, incluyendo el pago de los viáticos y la Tarifa Unificada de Uso de Aeropuerto;

Que, dicha solicitud ha sido calificada y aprobada por la Dirección de Seguridad Aeronáutica de la Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, conforme a lo señalado por el Texto Único de Procedimientos Administrativos del citado Ministerio, según se desprende de la respectiva Orden de Inspección y referida en el Informe N° 552-2009-MTC/12.04 de la Dirección General de Aeronáutica Civil;

RELACION DE VIAJES POR COMISION DE SERVICIOS DE INSPECTORES DE LA DIRECCION GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL ESTABLECIDOS EN EL TEXTO UNICO DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - DIRECCION GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL - COMPRENDIDOS LOS DIAS DEL 22 AL 27 DE SETIEMBRE DE 2009 Y SUSTENTADO EN LOS INFORMES N° 327-2009-MTC/12.04 Y N° 552-2009-MTC/12.04

ORDEN INSPECCION N°	INICIO	FIN	VIATICOS (US\$) TUA (US\$)	SOLICITANTE	INSPECTOR	CIUDAD	PAIS	DETALLE	RECIBOS DE ACOTACION N°s.
1921-2009-MTC/12.04	22-Sep	27-Sep	US\$ 1,040.00 US\$ 31.00	ATSA	Dettlippi Brignetti, Gino Humberto	Kiev	Ucrania	Cheques técnico de refresco en simulador de vuelo del equipo Antonov AN-28 a tripulantes técnicos	13582-13583

399969-1

Aprueban especificaciones técnicas mínimas de los receptores de Televisión Digital Terrestre del estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) a ser utilizados en el Perú

RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N° 645-2009-MTC-03

Lima, 21 de setiembre de 2009

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 75 del Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones, aprobado por Decreto

De conformidad con lo dispuesto por la Ley N° 27261, Ley N° 27619, Ley N° 29289, Decreto Supremo N° 047-2002-PCM y estando a lo informado por la Dirección General de Aeronáutica Civil;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar el viaje del señor Gino Humberto Dettlippi Brignetti, Inspector de la Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que se efectuará del 22 al 27 de setiembre de 2009, a la ciudad de Kiev, Ucrania, de acuerdo con el detalle consignado en el anexo que forma parte integrante de la presente resolución, sustentado en los Informes N° 552-2009-MTC/12.04 y N° 327-2009-MTC/12.04.

Artículo 2°.- Los gastos que demande el viaje autorizado precedentemente, han sido íntegramente cubiertos por la empresa Aero Transportes S.A. "ATSA" a través de los Recibos de Acotación que se detallan en el anexo que forma parte integrante de la presente resolución, abonados a la Oficina de Finanzas de la Oficina General de Administración del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, incluyendo la asignación por concepto de viáticos y Tarifa Unificada de Uso de Aeropuerto.

Artículo 3°.- Conforme a lo dispuesto por el artículo 10 del Decreto Supremo N° 047-2002-PCM, el Inspector mencionado en la presente Resolución Ministerial, dentro de los quince (15) días calendario siguientes de efectuado el viaje, deberá presentar un Informe al Despacho Ministerial, con copia a la Oficina General de Administración del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, describiendo las acciones realizadas y los resultados obtenidos durante el viaje autorizado.

Artículo 4°.- La presente Resolución Ministerial no dará derecho a exoneración o liberación de impuestos o derechos aduaneros, cualquiera fuera su clase o denominación.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ENRIQUE CORNEJO RAMÍREZ
Ministro de Transportes y Comunicaciones

Supremo N° 013-93-TCC, establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones fija la política de telecomunicaciones a seguir y controla sus resultados;

Que, mediante Resolución Suprema N° 019-2009-MTC se resolvió adoptar el estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial - Japon) con las mejoras tecnológicas que hubiere al momento de su implementación, como sistema de televisión digital terrestre (TDT) para el Perú, considerando los fundamentos expuestos en el Informe de Recomendación del Estándar de Televisión Digital Terrestre presentado por la Comisión Multisectorial constituida para tal fin, mediante Resolución Suprema N° 010-2007-MTC;

Que, el artículo 5° de Ley N° 28278 - Ley de Radio y Televisión, establece que el Estado promueve el desarrollo de la radiodifusión digital. Para tal fin el Ministerio toma las medidas necesarias relativas al espectro radioeléctrico y adopta los estándares técnicos correspondientes,

en función de las tendencias internacionales, mayor eficiencia y el máximo beneficio para el país;

Que, los artículos 1 y 2 del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, aprobado por el Decreto Supremo N° 020-2007-MTC, señalan que su finalidad es el establecimiento de las disposiciones generales relativas a la normalización y homologación de equipos y aparatos de telecomunicaciones, facultándose al Ministerio para dictar las disposiciones complementarias que resulten necesarias para su cumplimiento;

Que, los receptores de televisión digital terrestre (set top box y receptores de televisores) son receptores de radiocomunicación (RF), definidos por el Glosario de Términos del Reglamento Específico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2006-MTC;

Que, se requiere establecer especificaciones técnicas mínimas que se deberán cumplir en la fabricación de los receptores de televisión digital terrestre, a fin de garantizar al usuario, la recepción de la señal digital a ser emitida en su oportunidad, por los servicios de radiodifusión por televisión digital terrestre, correspondiente al estándar ISDB-T;

Que, estando a lo propuesto por la Dirección General de Autorizaciones en Telecomunicaciones y la Dirección General de Regulación y Asuntos Internacionales de Comunicaciones, corresponde definir las especificaciones técnicas mínimas de los referidos receptores, las cuales han sido elaboradas tomando como referencia la Norma Técnica ABNT NBR 15604 de Brasil y la ARIB STD-B21 de Japón;

Que, por Resolución Ministerial N° 573-2009-MTC/03, de fecha 15 de agosto de 2009, se dispuso la publicación, en el Diario Oficial El Peruano y en el Portal de Internet del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, del Proyecto de Norma que aprueba las especificaciones técnicas mínimas de los receptores de Televisión Digital Terrestre del estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) a ser utilizados en el Perú, habiéndose recibido y evaluado los comentarios de los interesados;

De conformidad con lo establecido en la Ley N° 29370 - Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, su Reglamento de Organización y Funciones aprobado por Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, la Ley N° 28278 - Ley de Radio y Televisión y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 005-2005-MTC; el Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 020-2007-MTC;

RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar las especificaciones técnicas mínimas de los receptores de Televisión Digital Terrestre del estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) a ser utilizados en el Perú, en el marco del proceso de implementación de dicha tecnología en el país, de acuerdo con lo establecido en el Anexo que forma parte integrante de la presente Resolución.

Artículo 2°.- La presente norma entrará en vigencia al día siguiente de su publicación.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ENRIQUE CORNEJO RAMÍREZ
Ministro de Transportes y Comunicaciones

ANEXO

N°	PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
1	Estándar de televisión digital	ISDB-T (Estándar Japonés-Brasileño)
2	Estándar de televisión analógica	NTSC-M

N°	PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
3	Banda de Operación (Recepción de canales)	470 a 748 MHz (Canales 14 a 59)
4	Ancho de banda de canal	Full Seg. 5.7 MHz One Seg. 8.43 MHz
5	Frecuencia de los portadores centrales de canales	Banda UHF: 473 + 1/7 a 743 + 1/7 MHz
6	Sensibilidad	Menor o igual que - 20 dBm y mayor o igual que -17 dBm
7	Relación de protección (Selectividad)	
	Interferente (Señal no deseada): Señal analógica	
	- Co-canal	Menor o igual a +18 dB
	- Canal adyacente inferior	Menor o igual a -33 dB
	- Canal adyacente superior	Menor o igual a -35 dB
	Interferente (Señal no deseada): Señal digital	
	- Co-canal	Menor o igual a +34 dB
	- Canal adyacente inferior	Menor o igual a -26 dB
	- Canal adyacente superior	Menor o igual a -29 dB
8	Desmaqueo	Full Seg. 18QAM y 64QAM One Seg. QPSK y 16QAM
9	Terminales de entrada y salida de RF	Deben tener conectores (uno de entrada y otro de salida) del tipo F, con una impedancia de 75 ohmios, desbalanceados. En el caso de los set top box la salida de antena debe ser pass through
10	Estándar de codificación de video	MPEG-4 (H.264/AVC)
11	Perfiles y niveles del video	Full Seg. H.264/AVC HP @ L4.0 One Seg. H.264/AVC BP @ L1.3
12	Formatos de Video	Full Seg. 720x480i (4:3 y 16:9), 720x480p (16:9), 1280x720p (16:9) y 1920x1080i (16:9) One Seg. 80VGA 160x120 (4:3), 80VGA 160x60 (16:9), 80VGA 320x240 (4:3), 80VGA 320x180 (16:9) y CIF 352x288 (4:3)
13	Tasa de cuadros (frame rate)	Full Seg. 30/1.001 Hz y 60/1.001 Hz One Seg. 5 fps, 10 fps, 12 fps, 15 fps y 24 fps
14	Salida de video compuesto (CVBS)	Deben estar equipados con, por lo menos, una salida de este tipo, codificado en NTSC-M, con un conector del tipo RCA, con una impedancia de 75 ohmios
15	Estándar de codificación de audio	MPEG-4 AAC
16	Perfiles y niveles del audio	Full Seg. LC AAC @ L2, LC AAC @ L4, HE-AAC+SSR v.1 @ L2 y HE-AAC+SSR v.1 @ L4 One Seg. LC AAC @ L2 y HE-AAC+SSR+PS v.2 @ L2
17	Salida de audio	Deben estar equipados, por lo menos una salida de audio con dos canales (estéreo), con un conector del tipo RCA
18	Frecuencia del Oscilador Local	Debe estar asignada en la banda superior a la frecuencia recibida
19	Frecuencia Intermedia (FI)	44 MHz (Opcionalmente se podrá convertir directamente a banda base)
20	Idioma	Español
21	Alimentación de Energía Eléctrica (Voltaje / Frecuencia)	220 V / 60 Hz

Se debe considerar como referencia la norma brasileña ABNT NBR 15604

400356-1