

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIONES TRANSMISORAS Y
RETRANSMISORAS PARA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE
ISDB-TB**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
EUGENIA RAQUEL FLORES ESPINOZA**

**PROMOCIÓN
2002-II**

**LIMA-PERÚ
2012**

**IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIONES TRANSMISORAS Y RETRANSMISORAS PARA
TELEVISION DIGITAL TERRESTRE ISDB-TB**

Mis agradecimientos a:

Mi madre y mi padre, por su cariño y formación brindada.

Mi esposo y mi hija por su amor y compañía.

Mis hermanos José y Francisco.

SUMARIO

En el presente informe de suficiencia se analiza la implementación de estaciones transmisoras para televisión digital terrestre (TDT) que cumplan con el estándar ISDB-Tb, adoptado en nuestro país, y estaciones repetidoras de baja potencia para dar servicio de radiodifusión por televisión en zonas de sombra donde no es posible la recepción de la señal de televisión, debido generalmente a la geografía de la localidad, y de esta manera mejorar el área de cobertura de la estación principal.

En el primer capítulo se realiza la definición de ingeniería del problema, que se genera en el área de cobertura de una estación transmisora de TDT, debido a la presencia de obstáculos, tales edificios o elevaciones naturales en la geografía de la localidad, que dificultan o imposibilitan la recepción de la señal de televisión digital.

En el segundo capítulo se describen aspectos referidos al servicio de radiodifusión por televisión en nuestro país, conceptos teóricos de TDT y sus ventajas, los distintos estándares de TDT desarrollados en el mundo y que fueron evaluados en nuestro país para la adopción del estándar de TDT. Asimismo se realiza un resumen sobre la adopción del estándar de TDT en el Perú, los avances y situación actual referidos a la puesta en marcha servicio de TDT.

En el tercer capítulo se realiza el análisis técnico para la implementación de estaciones transmisoras de TDT basada en el estándar ISDB-Tb, tomando como referencia la implementación realizada por el Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú (IRTP), con equipos donados por el gobierno de Japón, y la instalación de estaciones retransmisoras para cubrir zonas de sombra y mejorar el área de cobertura de la estación principal, en la localidad de Lima.

En el cuarto capítulo se realiza el análisis y presentación de los resultados, la estimación de costos y el tiempo de implementación para una estación del servicio de radiodifusión por TDT.

Finalmente, se presentan conclusiones del análisis realizado y recomendaciones para la implementación de la TDT en nuestro país.

ÍNDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	
DEFINICIÓN DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	3
1.1 Definición del Problema	5
1.2 Objetivo del Informe	6
1.3 Limitaciones del Informe	6
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes del servicio de radiodifusión por televisión	8
2.2 La Televisión Digital Terrestre (TDT)	10
2.3 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre	11
2.3.1 Optimización del espectro radioeléctrico	12
2.3.2 Mejor calidad de imagen y sonido	12
2.3.3 Posibilidad de prestar nuevos servicios	13
2.3.4 Nuevas formas de recepción	13
2.4 Estándares de la Televisión Digital Terrestre	14
2.4.1 Estándar ATSC	14
2.4.2 Estándar DVB-T	16
2.4.3 Estándar ISDB-T	19
2.4.4 Estándar DTMB	23
2.5 La Televisión Digital Terrestre en el Perú	25
2.5.1 Sobre la adopción del estándar de televisión digital terrestre	25
2.5.2 Acciones previas a la implementación de la TDT en el Perú	28
2.5.3 Distribución del espectro radioeléctrico	29
2.5.4 Bandas de frecuencias atribuidas al servicio de TDT	29
2.5.5 Plan maestro para la implementación de la TDT en el Perú	31
2.5.6 Cronograma para la implementación de la TDT en el Perú	32
2.5.7 Autorizaciones asignadas al servicio de radiodifusión por televisión	33
2.5.8 Penetración del servicio de radiodifusión por televisión con tecnología analógica	33
CAPITULO III	
SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	35
3.1 Consideraciones previas	35

3.2	Implementación de una estación de TDT basada en el estándar ISDB-Tb	38
3.2.1	Autorización para el servicio de radiodifusión por televisión.....	39
3.2.2	Proyecto técnico de una estación de radiodifusión por televisión basada en ISDB-Tb	39
3.2.3	Infraestructura de una estación de TDT basada en el estándar ISDB-Tb	44
3.2.4	Análisis de cobertura de la señal TDT del IRTP	53
3.2.5	Pruebas para mejorar la cobertura de la señal de TDT del IRTP	55

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, ESTIMACIÓN DE COSTOS Y

TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN	58	
4.1	Análisis y presentación de resultados	58
4.2	Estimación de tiempo para la implementación del proyecto	63
4.2.1	Estimación de tiempo para obtener la autorización para operar una estación ISDB-Tb	63
4.2.2	Estimación de tiempo para la elaboración del proyecto técnico	64
4.2.3	Estimación de tiempo para obtener los permisos y autorizaciones para las obras civiles	64
4.2.4	Estimación de tiempo para adquirir los equipos para la planta transmisora y el sistema irradiante	64
4.2.5	Estimación de tiempo para implementar los estudios, la planta de transmisión y el sistema irradiante	65
4.2.6	Estimación de tiempo para configurar los equipos y realizar pruebas de funcionamiento	65
4.2.7	Estimación de tiempo para realizar pruebas de cobertura	65
4.2.8	Cálculo del tiempo total para la implementación de una estación ISDB-Tb	65
4.2.9	Situaciones que podrían reducir el tiempo para la implementación de una estación ISDB-Tb	67
4.3	Estimación de costos	67
4.3.1	Estimación de costos para obtener la autorización para una estación ISDB-Tb ..	69
4.3.2	Estimación de costos para la elaboración del proyecto técnico	70
4.3.3	Estimación de costos para obtener los permisos y autorizaciones para las obras civiles	70
4.3.4	Estimación de costos de adquisición de equipos para estudios, sistema transmisor y sistema irradiante	70
4.3.5	Estimación de costos para la realización de pruebas de cobertura	71
4.3.6	Estimación del costo total para la implementación de una estación ISDB-Tb	71

4.3.7 Otros aspectos que podrían modificar los costos para la implementación de una estación ISDB- Tb	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
ANEXO A	
PUNTOS DE MEDICION DE COBERTURA DE LA TDT IMPLEMENTADA POR IRTP ..	76
ANEXO D	
CRONOGRAMA DETALLADO DE LA IMPLEMENTACION DE UNA ESTACIÓN TDT ..	81
BIBLIOGRAFÍA	83

PROLOGO

El servicio de radiodifusión por televisión, denominado televisión abierta, es un medio de difusión masivo por excelencia, de gran impacto en la sociedad, alcanzando niveles de importancia considerables porque, como medio de comunicación social e importante factor integrador (llega a tener a octubre de 2011 una penetración del 81.6% a nivel nacional [1], y un consumo promedio de 3.32 horas por día [2]), contribuye a la formación de opinión pública, transmisión de valores, cultura e identidad nacional.

Este servicio, desde sus inicios hace poco más de 50 años, cuando se instaló el primer “canal de televisión” en el Perú, que fue Canal 7 (17 de enero de 1958), como muchos otros servicios ha ido evolucionando, siguiendo el avance de la tecnología, pasando por el cambio de transmisión de imágenes en blanco y negro a imágenes de color, cambio que hoy la gran mayoría de la sociedad disfruta, sin embargo este tipo de transmisión de señales está asociada a aquella televisión transmitida mediante tecnología analógica.

Después de medio siglo, con las nuevas técnicas de digitalización y compresión desarrolladas y la tecnología que a nivel mundial se disponen, la transmisión y recepción de la señal de televisión se ha digitalizado, surgiendo nuevas opciones que se difunden como estándares de TDT; por lo que el país se sometió nuevamente a una evaluación no sólo del estándar de TDT a adoptar, sino también a establecer los lineamientos para la implementación y migración del servicio por televisión analógica hacia el servicio por TDT.

De la evaluación realizada a los estándares de TDT existentes en el mundo, que duró aproximadamente dos años y estuvo a cargo de una comisión multisectorial creada para tal fin, el gobierno adoptó, el 24 de abril de 2009, el estándar ISDB-T con las mejoras tecnológicas que hubiere al momento de su implementación, como sistema de televisión digital para nuestro país.

Posteriormente, basado en el informe final de la comisión multisectorial temporal creada para formular recomendaciones al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para la elaboración del plan maestro de implementación, el MTC aprobó el documento denominado Plan Maestro para la Implementación de la televisión digital terrestre en el Perú, el 29 de marzo del 2010, estableciendo de esta forma los lineamientos para iniciar el periodo de transición análogo – digital en el país.

De la misma forma, el MTC que es responsable de la gestión y asignación del espectro radioeléctrico, inició la modificación de los planes de canalización y asignación de frecuencia para cada localidad, estableciendo los canales que serán asignados al nuevo servicio de TDT y las características técnicas para la implementación de las estaciones transmisora, a fin de evitar interferencias entre las señales de televisión analógica y televisión digital, que coexistirán durante la etapa de transición análoga – digital, que durará aproximadamente 10 años, según lo dispuesto.

En ese sentido, el presente informe analiza la implementación de estaciones transmisoras para televisión digital terrestre basadas en el estándar ISDB-Tb, adoptado en nuestro país, y estaciones retransmisoras para mejorar el área de cobertura de la estación principal, debido a que por la geografía de las localidades, se generan zonas de sombra donde no es posible recibir la señal de televisión terrestre, libre y gratuita, de forma satisfactoria. Asimismo se estima el costo y el tiempo de implementación de las referidas estaciones.

CAPITULO I DEFINICIÓN DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

La introducción e implementación de la televisión digital en el Perú, ha exigido realizar y planificar adecuadamente un proceso, el cual comprende tres etapas fundamentales: i) la adopción de un estándar adecuado a nuestras necesidades; ii) la etapa de transición que implica migrar de la señal analógica a la señal digital por todos los agentes que intervienen en la transmisión y recepción de las señales de radiodifusión por televisión; y iii) el desarrollo del servicio digital después que se produzca el “apagón analógico”.

De las tres etapas mencionadas, se ha culminado la primera etapa, adoptándose el estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial) con las mejoras tecnológicas que hubiere al momento de su implementación, como sistema de televisión digital terrestre para nuestro país, mediante Resolución Suprema N° 019-2009-MTC publicada el 24 de abril de 2009.

Esta elección se realizó considerando los fundamentos expuestos en el “Informe de Recomendación del Estándar de Televisión Digital Terrestre a ser adoptado en el Perú” del 28 febrero de 2009 presentado por la Comisión Multisectorial constituida para tal fin mediante Resolución Suprema N° 010-2007-MTC.

La adopción del estándar de televisión digital terrestre está referida únicamente a la tecnología a ser empleada en el sistema de transmisión de la estación (planta transmisora) y en el equipo receptor de los usuarios (decodificador o Set-top box). El sistema de transmisión con el estándar ISDB-T adoptado transportará digitalmente (en una secuencia de 1s y 0s) información previamente definida, es decir que no define el contenido de la programación o el método de producción de la misma, que es realizada en los estudios de las empresas radiodifusoras.

El objetivo de elegir un estándar o norma técnica de transmisión es garantizar la compatibilidad de los sistemas de transmisión y recepción, a fin de que la señal original transmitida pueda ser recuperada por equipos receptores desarrollados por diferentes fabricantes.

Con la elección del estándar ISDB-T nuestro país se integró a un mercado tecnológico conformado por Japón y Brasil (adoptó el estándar ISDB-T en el 2006, con

algunas variantes, como es el empleo de la norma MPEG-4 para la codificación y compresión del video y audio, y el desarrollo del middleware Ginga para contenidos audiovisuales interactivos), el cual se ha expandido debido a que posteriormente a la adopción realizada por nuestro país, han adoptado el estándar ISDB-T países como Argentina (el 26 de agosto de 2009), Chile (el 14 de setiembre de 2009), Venezuela (el 06 de junio de 2009), Ecuador (el 26 de marzo de 2010), Costa Rica (el 26 de mayo de 2010), Paraguay (el 01 de junio de 2010), Filipinas (el 11 de junio de 2010), Bolivia (el 05 de julio de 2010) y Uruguay (el 27 de diciembre de 2010).

El hecho de que el mercado crezca influirá básicamente en disminuir los precios de los equipos de transmisión y de receptores necesarios para aprovechar las ventajas ofrecidas por este nuevo servicio, lo que conocemos como escala de mercado, facilitando la adquisición de productos y acortando el tiempo establecido para el “apagón analógico” en nuestro país; asimismo estimula la integración tecnológica, comercial e industrial en América Latina.

La segunda etapa denominada de transición, es el proceso de migrar de la señal analógica a la señal digital por todos los agentes que intervienen en la transmisión y recepción de las señales de radiodifusión por televisión: equipos de producción encargados de generar contenidos, los radiodifusores encargados de transmitir la señal, y los usuarios receptores del servicio, entre otros agentes que surjan con la generación de nuevos modelos de negocio.

El primer paso dado en esta etapa, fue crear, mediante Resolución Suprema N° 082-2009-PCM publicada el 24 de abril de 2009, la Comisión Multisectorial Temporal encargada de formular recomendaciones al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para la elaboración del Plan Maestro de Implementación de la Televisión Digital Terrestre, quienes presentaron su informe final el 11 de agosto de 2009.

Actualmente el MTC ha aprobado el Plan Maestro para la Implementación de la TDT en el Perú, y como ente regulador tiene la función de dictar normas, definir conceptos y establecer los lineamientos necesarios para la implementación de este nuevo servicio, además se ha establecido la fecha del apagón digital y la estrategia para concluir con éxito esta transición.

La tercera etapa, corresponde al desarrollo del servicio una vez producido el “apagón analógico”, momento a partir del cual todas las transmisiones de radiodifusión por televisión serán digitales y se libere espectro radioeléctrico en la banda de VHF. En esta etapa se debe garantizar la convivencia de las empresas autorizadas, gestionar la inclusión de nuevas empresas, monitorear la banda asignada a fin de evitar interferencias y el cumplimiento de los parámetros técnicos establecidos, entre otros.

1.1 Definición del Problema

Para una correcta recepción del servicio de radiodifusión por televisión digital terrestre es recomendable que exista línea de vista entre el sistema de transmisión de la estación y el equipo receptor de los usuarios, a pesar de la capacidad de recepción multitrayecto del estándar ISDB-Tb adoptado.

En ese sentido, la presencia de obstáculos, tales como edificios o elevaciones naturales en la geografía de la localidad de altura considerable, generan zonas de sombra en el área de cobertura de la estación principal, haciendo imposible la recepción de la señal de televisión, por lo que a fin de superar esta problemática se analiza la implementación de estaciones retransmisoras de baja potencia, instaladas en ubicaciones estratégicas, y configuradas en la misma frecuencia o canal de la estación principal, como una solución factible para mejorar el área de servicio de la estación.

Para el caso específico de la localidad de Lima, el plan de canalización y asignación de frecuencias, aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, modificado por Resolución Ministerial N° 265-2010-MTC/03 publicada el 30 de marzo de 2010, establece como una de las condiciones técnicas para la implementación de estaciones de televisión digital terrestre, que las plantas transmisoras se ubiquen en el cerro Marcavilca, distrito de Chorrillos, a fin de evitar interferencias en la transmisión de la señal.

De este modo, considerando las características técnicas establecidas en el plan de canalización y asignación de frecuencias mencionado, se obtiene el área de cobertura teórico aproximado para la localidad de Lima, el cual se muestra en la figura 1.1., en el que se puede identificar distintas zonas de sombra que se generan principalmente por la geografía de la localidad.

De lo mencionado anteriormente, es de gran importancia analizar las zonas de sombra que se puedan generar en cada localidad, en función de las características del entorno y de la ubicación establecida para la implementación de las estaciones transmisoras.

Cabe precisar que esta propuesta de solución es posible utilizando televisión digital terrestre, toda vez que de utilizarse señal de televisión analógica en la estación principal, sería necesario proponer un plan de canalización y asignación de frecuencias específico para cada una de estas zonas de sombra identificadas, a fin de evitar interferencias en la transmisión de la señal, que es lo que se ha venido empleando para mejorar el área de cobertura del servicio de radiodifusión con tecnología analógica. En este caso las zonas de sombra son consideradas como localidades vecinas y no son consideradas como parte de la localidad principal.

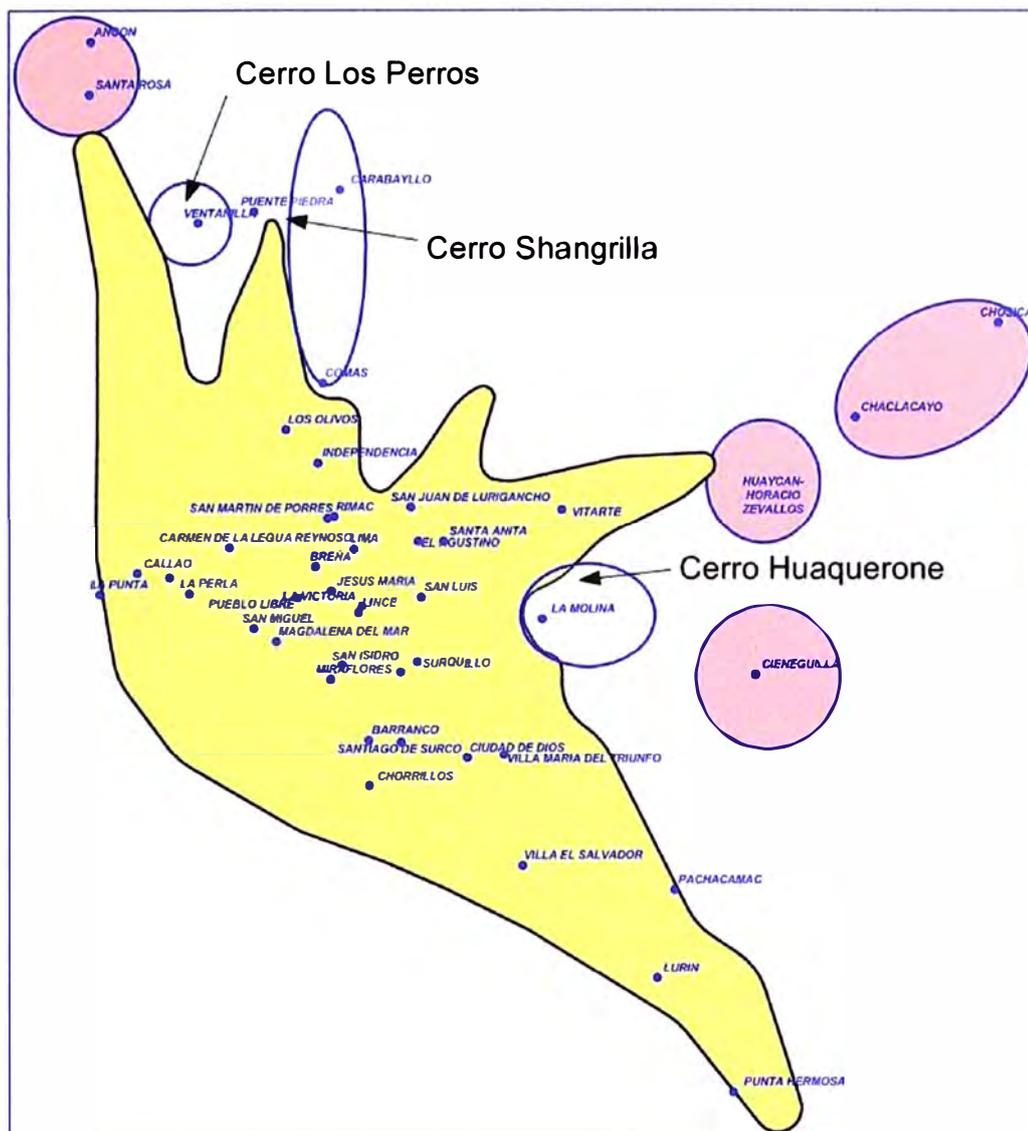


Fig.1.1 Área de cobertura para la localidad de Lima (Fuente: MTC)

1.2 Objetivo del informe

El presente informe de ingeniería tiene por objetivo realizar un análisis técnico de la implementación de estaciones transmisoras para televisión digital terrestre que cumpla con el estándar ISDB-Tb adoptado por nuestro país, y estaciones retransmisoras de baja potencia para dar servicio de radiodifusión por televisión en zonas de sombra donde no es posible la recepción de la señal de televisión, debido generalmente a la geografía de la localidad, y mejorar el área de cobertura de la estación principal.

1.3 Limitaciones del informe

El presente informe analiza el área de servicio de una estación de radiodifusión por televisión digital terrestre ubicada en el Cerro Marcavilca, distrito de Chorrillos, proponiendo la instalación de una estación repetidora de baja potencia en el Cerro

Shangrilla para mejorar una zona de sombra específica, que abarca principalmente los distritos de Comas y Carabaylo, a fin de mejorar la cobertura de la estación principal en la localidad de Lima.

Sin embargo la propuesta de instalar estaciones repetidoras de baja potencia, puede ser replicada en otras ubicaciones para mejorar el área de cobertura de una estación y/o dar servicio en zonas de sombra generadas en otros emplazamientos, donde no es posible recibir la señal de televisión.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

Los procesos de digitalización desarrolladas en los últimos años, han sido aplicadas a distintos sistemas de comunicación, y no han dejado de lado los sistemas de radiodifusión por televisión en sus diferentes modalidades de transmisión, como son: televisión por cable, televisión satelital y televisión terrestre. Es así que se viene produciendo una migración de los servicios de televisión, que empleaban tecnologías analógicas a otras basadas en tecnologías digitales.

Esta digitalización de los sistemas, se impulsa por las mejoras sustanciales que traen consigo las nuevas técnicas desarrolladas (muestreo, cuantificación, codificación, compresión y modulación), lo que permite reducir drásticamente el flujo de datos binarios conservando la calidad de la señal, logrando una mayor eficiencia en la utilización del espectro radioeléctrico, ofrecer nuevos servicios y modos de presentación de los mismos, entre otros.

Los procesos de digitalización se han desarrollado en diferentes partes del mundo, generalmente en Estados Unidos, Europa y Japón, lo que ha hecho que en su momento se presenten diferentes estándares, predominando unos sobre otros, al ser adoptados en forma mayoritaria por el resto de países.

De esta manera, el presente capítulo describe conceptos de la TDT y sus ventajas, un resumen de los estándares de TDT existentes, y los avances que se han realizado en nuestro país en lo referido a la TDT.

2.1 Antecedentes del servicio de radiodifusión por televisión

La televisión es la transmisión y recepción de imágenes en movimiento acompañadas de sonido a distancia, utiliza el espectro radioeléctrico para la transmisión de la señal. La señal de televisión analógica está conformada por señales de audio y video, las que se transmiten en forma conjunta pero moduladas de forma distinta, la señal de audio se modula en frecuencia y la de video en amplitud.

La transmisión de la televisión con tecnología analógica se inició con imágenes en blanco y negro, posteriormente se introdujo el color. En el momento de elección del sistema de radiodifusión de televisión a color analógica en nuestro país, en el mundo se

habían difundido tres sistemas: NTSC (National Television System Committee – Comisión Nacional de Sistemas de Televisión), PAL (Phase Alternating Line – Línea alternada en fase) y SECAM (Séquentiel Couleur à Mémoire – Color secuencial con memoria), los que a pesar de tener algunas diferencias técnicas específicas, en general tiene características en común por ser sistemas analógicos.

Los sistemas se difundieron y fueron adoptados por los distintos países de la siguiente manera:

- NTSC, creado en Estados Unidos, adoptado por Estados Unidos y Japón.
- PAL, creado en Europa, adoptado por la mayoría de países de Europa, Asia y África, cuenta con múltiples variantes
- SECAM, creado en Francia y adoptado por algunos países de Europa del Este y excolonias francesas de África. Es el menos difundido de todos.

Estos tres sistemas de televisión con tecnología analógica se caracterizan principalmente porque en cada canal de radiofrecuencia, sea de 6, 7 u 8MHz dependiendo del sistema elegido, se dispone de sólo un programa de televisión. Si el programa se difunde a distintas localidades, es necesario un número considerable de canales de radiofrecuencia para evitar la interferencia co-canal durante la transmisión del programa, lo que es tomado en cuenta en el momento de asignar los canales de radiofrecuencia atribuidos al servicio de radiodifusión por televisión y administrar el espectro radioeléctrico, debido a que el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado.

La figura 2.1 muestra un sistema básico de transmisión de televisión analógica.

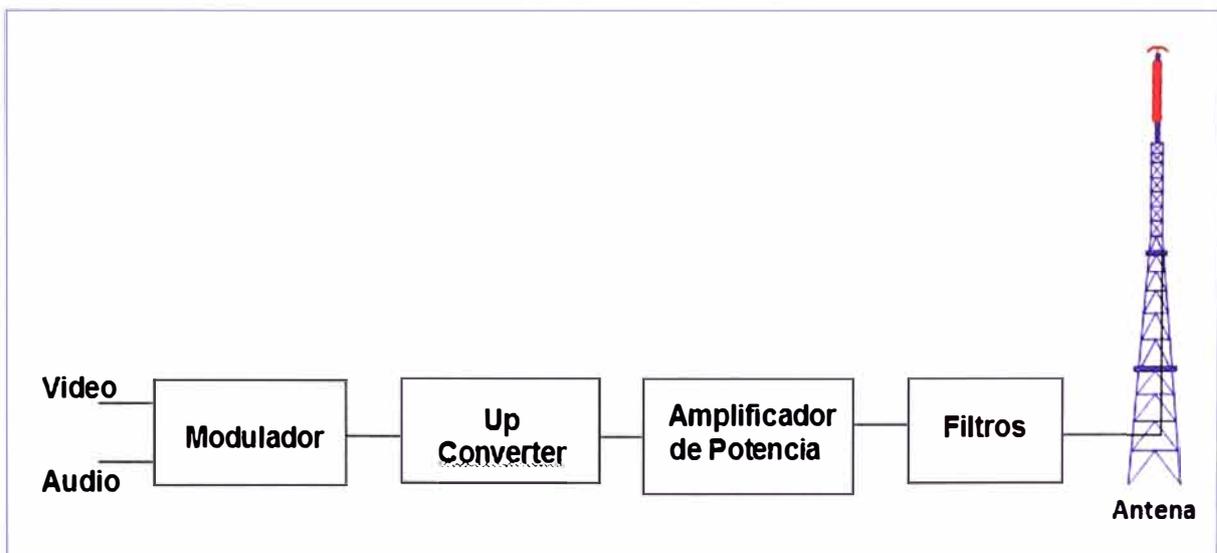


Fig.2.1 Sistema básico de transmisión de televisión analógica (Fuente: propia)

Los sistemas de televisión analógica a color son compatibles con la televisión analógica monocromática existente, lo que contribuyó a establecer servicios satisfactorios

con los nuevos sistemas. Para asegurar esta compatibilidad se adicionó una subportadora de color (denominada crominancia) en el mismo canal de radiofrecuencia, conservando básicamente todos los demás parámetros, cumpliéndose con las condiciones de compatibilidad y retrocompatibilidad (significa que el nuevo sistema es compatible con el sistema existente, por lo que puede ser recibido por los mismos equipos sin un requerimiento adicional) o compatibilidad inversa, que en su momento fue establecido para el desarrollo de la televisión analógica a color, lo que equivale a decir que la televisión con tecnología analógica de hoy es esencialmente la misma que hace cincuenta años.

En el Perú se adoptó el sistema americano NTSC en el año 1979, y posteriormente de forma progresiva se estableció el marco normativo a fin de implantar los lineamientos para servicio de radiodifusión por televisión con tecnología analógica, en lo referido a la clasificación, atribución de frecuencia, del régimen general, las características, los derechos y obligaciones de los titulares, entre otros asuntos relacionados con la prestación del servicio, este conjunto de normas pueden ser descargadas de la página web del MTC (www.mtc.gob.pe).

Como antecedente al marco normativo específico, se establecieron garantías constitucionales de libertad de opinión y de información y de la televisión abierta. En ese sentido el artículo 61° de la Constitución Política del Perú, en su segundo párrafo considerando la importancia de la libertad de expresión y comunicación, dispone que la prensa, la radio, la televisión y los demás medios de expresión y comunicación social, no pueden ser objeto de exclusividad, monopolio ni acaparamiento, directa o indirectamente, por parte del Estado ni de particulares.

Además se debe tener en cuenta que están considerados como derechos fundamentales de la persona, la libertad de información, opinión, expresión y difusión del pensamiento por cualquier medio de comunicación social, sin previa autorización ni censura ni impedimento alguno, bajo las responsabilidades de ley.

La digitalización de la televisión ha hecho necesario la modificación y ampliación del marco normativo, para adecuarlo al nuevo servicio de radiodifusión por televisión con tecnología digital.

2.2 La Televisión Digital Terrestre (TDT)

La televisión digital terrestre o TDT, es el sistema de transmisión donde los datos a transmitir (imágenes, sonido, fotos, textos alfanuméricos, etc.) se transforman en señales que representan una secuencia de unos y ceros, a través de diferentes procesos de digitalización, y viajan en el aire por ondas electromagnéticas hacia el receptor.

Frente a los actuales sistemas de televisión analógicas, los sistemas de televisión digital terrestre cuentan con numerosas e importantes ventajas, lo que permite mejorar sustancialmente la experiencia televisiva y cambiar el concepto de televisión abierta que hasta el momento se tiene, ofreciendo imagen y sonido de alta calidad, televisión interactiva, subtítulos y guías electrónica de programación, flexibilidad en los contenidos emitidos, mayor número de canales, señal más inmune a las interferencias y ecos, mejor aprovechamiento del espacio radioeléctrico, recepción en condiciones móviles y portátiles, multiplexación (mezclar canales de video, audio y datos en una sola señal), distribución de la señal empleando redes de frecuencia única (SFN), entre otros; lo que se resume en nuevos servicios para los usuarios, nuevos modelos de negocios para los radiodifusiones y operadores y una herramienta para gestionar el espectro radioeléctrico en forma óptima, que es responsabilidad del Estado.

La digitalización de la señal televisiva, propone una evolución del servicio de radiodifusión por televisión, lo que debe permitir impulsar la modernización de la infraestructura del sistema a fin de mejorar la calidad e incrementar la diversidad de servicios, y favorecer la convergencia de las telecomunicaciones.

Este proceso de digitalización se efectuará en forma progresiva sustituyendo una técnica de emisión por otra, y aunque lo comparan con el que se produjo hace unas décadas de la televisión en blanco y negro a la televisión en color, se debe tener en cuenta que en este caso los tipos de emisión (digital y analógica) no son compatibles, como lo era la televisión en color con la televisión en blanco y negro.

Esta incompatibilidad de los receptores analógicos, presentes en la gran mayoría de hogares, con la nueva tecnología hace que uno de los principales costos de la introducción de la TDT radique en que los usuarios se vean en la necesidad de complementar los actuales televisores con dispositivos decodificadores, denominados comercialmente "set-top-box", o adquirir televisores que cuenten con el sintonizador incorporado compatibles con el estándar de TDT adoptado.

De igual forma, los radiodifusores u operadores deben realizar inversiones en equipamiento para ofrecer la señal de televisión digital y obtener el máximo provecho de la misma.

2.3 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre

El empleo de la tecnología digital en reemplazo de los sistemas de televisión analógicos, evoluciona el concepto que hasta ahora se tiene de la televisión, proporcionando un concepto o servicio más amplio que conlleva a tener nuevas opciones que se traducen en ventajas, de las que destacan:

2.3.1 Optimización del espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es un recurso natural, escaso y de capacidad limitada, que forma parte del patrimonio de la Nación; el empleo de técnicas de transmisión digital permite hacer un uso más eficiente del mismo, debido a que proporciona mayor control sobre el rendimiento del canal. Esta mayor eficiencia se debe a que el empleo de tecnología digital permite:

- Transportar en el mismo ancho de banda de 6MHz, que ocupa un (01) programa de señal analógica, hasta dos (2) programas de señal digital en alta definición (HDTV), o hasta ocho (8) programas de señal digital en definición estándar (SDTV), o una combinación de un programa de alta definición (HDTV) y cuatro (4) en definición estándar (SDTV), dependiendo de la configuración elegida por el radiodifusor; y una señal destinada a equipos portátiles.
- Eliminar los canales de guarda, que son imprescindibles para evitar interferencias entre canales adyacentes de señal analógica, ampliando la disponibilidad del espectro radioeléctrico para el ingreso de nuevos operadores.
- Implementar redes de frecuencia única (SFN)

En la figura 2.2 se muestra de manera gráfica la optimización del espectro radioeléctrico en la televisión digital.

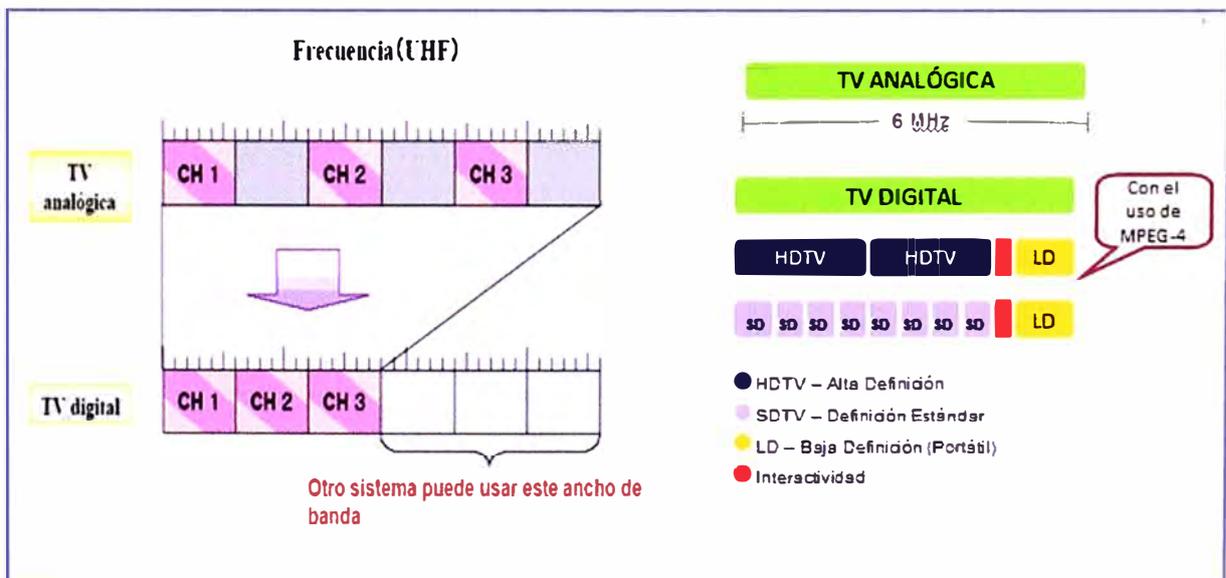


Fig.2.2 Optimización del espectro radioeléctrico (Fuente: Propia)

2.3.2 Mejor calidad de imagen y sonido

La señal de televisión digital terrestre emplea la "codificación de canal" para que la señal transmitida sea más robusta a las interferencias, producidas por ruido atmosférico,

propagación multitrayecto, desvanecimiento y transmisiones no lineales, permitiendo al receptor detectar y corregir errores, hasta cierto límite dependiendo si la interferencia ha modificado sustancialmente la señal, lo que se traduce para el usuario en tener una mejor calidad de imagen y sonido (comparada con las ofrecidas por los DVDs) con prestaciones más avanzadas, que van desde ofrecer imágenes en alta definición, con formato 16:9, sonido estéreo o sonido envolvente, utilizando el mismo ancho de banda, un canal de 6MHz, asignado a la televisión analógica. En la TABLA N° 2.1 se muestran las principales características de la imagen, para el caso de televisión analógica tradicional y para la televisión digital terrestre de alta definición (HDTV por sus siglas en inglés).

TABLA N° 2.1 Principales características de la Imagen (Fuente: propia)

Características	Televisión Analógica NTSC	Televisión Digital Terrestre HDTV
Total de líneas	525	1125
Líneas activas	486	1080
Relación de aspecto	4:3	16:9
Resolución máxima	720x486	1920x1080
Sonido	2 canales (estéreo)	5.1 canales (surround)

2.3.3 Posibilidad de prestar nuevos servicios

El abanico de posibilidades que abre los sistemas digitales son diversos, y van a depender de los modelos de negocios elaborados por los operadores o radiodifusores (abierto, de paga o pago por evento), los servicios ofrecidos y la acogida de estos por parte de los usuarios. Dentro de los posibles nuevos servicios podemos mencionar principalmente:

- Versión original, elección de idiomas y subtítulos.
- Interactividad.
- Programas a demanda (pay-per-view).
- Guía de programas electrónica.
- Flexibilidad en los contenidos emitidos.
- Multiplexación (mezcla de canales de video, audio y datos en una sola señal).

2.3.4 Nuevas formas de recepción

La televisión digital terrestre puede ser recibida en tres escenarios:

- Recepción fija, es la manera tradicional de recibir la señal, a través de una antena fija, conectada a un televisor que cuente con sintonizador de TDT incorporado, o empleando los televisores actuales complementados con un decodificador (set-top-box) para TDT.

- Recepción portátil, en cualquier lugar sin necesidad que el receptor esté conectado a una toma fija.
- Recepción móvil, en equipos receptores instalados en vehículos en movimiento.

2.4 Estándares de Televisión Digital Terrestre

En el mundo existen tres estándares de TDT reconocidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones según su Recomendación ITU-R BT.1306-5 (03/2011): i) ATSC (Advanced Television System Committee) desarrollado en Estados Unidos, ii) DVB-T (Digital Video Broadcasting) desarrollado en Europa, e iii) ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting) desarrollando en Japón. Estos estándares marcan únicamente las características de los sistemas de transmisión de señales digitales del servicio de radiodifusión por televisión. Adicionalmente a los tres estándares señalados anteriormente, se ha desarrollado un estándar en China denominado DMB-T.

Por otra parte, Brasil ha adoptado el estándar japonés desde el año 2006 pero con modificaciones, que lo hace incompatible al estándar japonés original, y algunos lo consideran como un nuevo estándar de televisión digital terrestre denominado SBTVD-T (Sistema Brasileiro de Televisión Digital Terrestre). Sin embargo para el tema de promoción y desarrollo del estándar ISDB-T, actualmente éste se difunde como estándar ISDB-T Internacional o ISDB-Tb el cual incluye como parte del estándar ISDB-T las mejoras consideradas y desarrolladas por Brasil que básicamente están referidas al empleo del estándar MPEG-4 para compresión de la señal de video y audio y al middleware "GINGA" que es un software libre orientado al desarrollo de aplicaciones interactivas comerciales para televisión digital terrestre.

A continuación se presentan los aspectos técnicos principales de los estándares ATSC (Americano), DVB-T (Europeo), ISDB-Tb (Japonés con las modificaciones brasileñas) y DMB-T (Chino). Cabe señalar que los estándares de televisión digital pueden operar en canales de ancho de banda de 6, 7 y 8MHz.

2.4.1 Estándar ATSC

El ATSC (Advanced Television Systems Committee) fue formado en 1982 por organizaciones miembros del JCCIC (Joint Committee on InterSociety Coordination): la Electronic Industries Association (EIA), el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), la National Association of Broadcasters (NAB), la National Cable Television Association (NCTA), y la Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE). Actualmente cuenta con alrededor de 140 miembros que representan a industrias y

equipos de radiodifusión, cinematografía, aparatos electrónicos para el consumidor, computación, cable, transmisión satelital y la industria de semiconductores [3].

En 1987, la Federal Communications Commission (FCC) de los Estados Unidos de Norteamérica, estableció el Advisory Committee on Advanced Television Service (ACATS) para asesorar a la FCC sobre aspectos y cuestiones técnicas respecto a la televisión avanzada. El Comité Asesor fue conformado por 25 líderes de la industria de la televisión, y trabajó en coordinación con el ATSC.

El Comité asesor evaluó los sistemas propuestos, y eligió las 4 mejores propuestas todo-digital, recomendando modificaciones y que los participantes restantes propongan un sistema que incorpore lo mejor de los 4 sistemas todo-digital elegidos.

Para la segunda ronda de pruebas, los defensores de los 4 sistemas todo-digitales formaron la Gran Alianza, cuyo objetivo fue proponer un sistema digital que finalmente sea estándar de televisión digital para los Estados Unidos. Los miembros de la Gran Alianza fueron AT&T (ahora Lucent Technologies), General Instrument, North American Phillips, Massachusetts Institute of Technology, Thomson Consumer Electronics, el David Sarnoff Research Center (ahora Sarnoff Corporation) y Zenith Electronics Corporation.

Después de un proceso de investigación, pruebas y cambios importantes la Gran Alianza presentó los resultados finales de su propuesta, los cuales luego de la evaluación efectuada por el comité asesor, fue aprobada por los miembros del ATSC como el ATSC Digital Televisión Standard (A/53), el 16 de septiembre de 1995; y posteriormente fue ratificado por el ACATS el 28 de noviembre de 1995.

El estándar ATSC adoptado describe un sistema para transmitir video de alta calidad, audio y datos auxiliares a través de un ancho de banda (canal) de 6MHz, a una tasa de 19.39Mbps. Una transmisión ATSC puede transportar una única señal de televisión de alta definición (HDTV), o hasta cuatro (4) programas de televisión con menor definición, denominado definición estándar (SDTV). Aunque inicialmente nació con la finalidad de desarrollar mejoras a la señal de televisión analógica NTSC, el proceso y los logros alcanzados en esta búsqueda trajeron consigo la televisión de alta definición, la cual tiene una relación de aspecto de 16:9 y una resolución superior a la de NTSC.

Para realizar la compresión y codificación de los flujos de video y audio, el sistema ATSC emplea el estándar MPEG-2 para el video (la relación de compresión obtenida para HDTV es de 50:1 o mayor, y para SDTV de 10:1 o mayor [5]), con las especificaciones descritas en los documentos A/53 y A/52, y la norma de compresión digital de audio AC-3 para el audio [4]. En el subsistema de multiplexación y transporte el sistema ATSC adoptó la sintaxis de tren de transporte MPEG-2 descrita en la Norma ISO/CEI 13818-1 (Sistemas MPEG-2) [4].

Mientras que para el subsistema de transmisión de radiofrecuencia, que comprende la codificación de canal y la modulación del flujo de transporte, el referido estándar utiliza la sintaxis MPEG-2 para la codificación de video y el sistema Dolby AC-3 para la codificación de audio, y se caracteriza por ser monoportadora (portadora única) al emplear modulación de amplitud de 8 niveles denominada 8-VSB [4].

Inicialmente el estándar ATSC priorizó la calidad de imagen y sonido, por lo que la versión original del mismo no contempló otras modalidades de recepción, como son la recepción móvil y portátil, ni la transmisión empleando redes de frecuencia única (SFN).

A fin de realizar mejoras a la versión original del estándar ATSC, el comité desarrollador del estándar evaluó entre tres principales candidatos que habían propuesto mejoras referidas a capacidades de movilidad y portabilidad, así como facilitar la sincronización de múltiples transmisores en una red SFN, que fueron: MPH, A-VSB y Micronas-Thomson.

2.4.2 Estándar DVB-T

El Proyecto DVB (Digital Video Broadcasting) es un consorcio que reúne a más de 270 empresas tanto públicas como privadas, inicialmente de origen europeo pero en la actualidad a instituciones y empresas de todo el mundo. Fue fundada en setiembre de 1993 a partir del European Launching Group (ELG), con el objetivo de supervisar el desarrollo de la televisión digital en Europa, y establecer el marco para la introducción de estos servicios, desarrollando estándares y recomendaciones que a lo largo de estos años se han adoptado en Europa y en casi todos los continentes (con excepción de Estados Unidos y Japón donde coexisten con otros sistemas propietarios).

Los miembros del Proyecto DVB desarrollan y establecen especificaciones, no buscan reinventar sino que emplean estándares abiertos existentes y que se encuentren disponibles, que posteriormente son derivados al CENELEC (Comité Europeo de Normalization ELEctrotechnique), y en la mayoría de casos al ETSI (European Telecommunications Standards Institute), para su estandarización. Es así que la tecnología DVB ha estandarizado una parte integral de la radiodifusión global, que abarca estándares ampliamente utilizados en diversos medios, como satélite (DVB-S y DVB-S2) y cable (DVB-C), además del terrestre (DVB-T y DVB-T2), para móviles y portátiles (DVB-H y DVB-SH) y servicios basados en IP.

DVB-T nace con el propósito de generar un sistema de televisión digital que permita aprovechar al máximo las bandas de frecuencia asignadas al servicio de televisión en Europa. Esta búsqueda de utilizar el espectro radioeléctrico en forma óptima, impulsa la transmisión simultánea de un mayor número de programas,

estableciéndose diferentes formatos de video para SDTV y posteriormente para HDTV. Asimismo, el sistema ha sido adaptado para operar en bandas de frecuencia de 6, 7 y 8MHz, según el requerimiento y canalización de cada país.

Las especificaciones técnicas establecidas para el estándar DVB-T han sido recogidas en el documento ETSI 300 744 (V1.5.1 del 11/2004) Digital Video Broadcasting (DVB), Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, en el cual se precisan las características para transmitir la señal, se especifican los procesos de codificación y compresión de fuente de video y audio, así como los procedimientos de multiplexación y sincronización de los datos, los que se basan en una versión especializada del estándar MPEG-2; y para el subsistema de transmisión se detalla la codificación de canal y el esquema de modulación de múltiples portadoras (OFDM) desarrollados por el ETSI, la EBU y el CENELEC.

El estándar DVB-T propone un diseño para transmitir información de audio y video codificada, utilizando como característica principal el esquema de modulación OFDM para superar las dificultades que se presentan en un servicio terrestre (tales como interferencia cocanal, entre otros), disponiendo de dos modos: portadoras 2K más QAM, portadoras 8K más QAM. El modo 8K puede permitir mayor protección "multi-pach" (multitrayectoria), pero el modo 2K puede ofrecer ventajas sobre efectos Doppler cuando el receptor está en movimiento. Para una adecuada aplicación y configuración de las distintas opciones ofrecidas por el estándar DVB-T están disponibles documentos que sirven de guías para un mejor aprovechamiento de las bondades ofrecidas por el referido estándar. Además, se tienen estándares complementarios que definen aspectos relacionados a las características de la señalización en el canal de retorno para sistemas de televisión interactiva, estructura de transmisión de datos para el cifrado y descifrado de programas de acceso condicional, transmisión de subtítulos, y radiodifusión de datos (nuevos canales de teletexto) mediante sistemas digitales, transmisión de señales DVB-T mediante red SFN, distribución de datos genéricos, no limitado a audio y video, y posibilitando formatos como estándar de compresión de datos MPEG-4.

En el estándar DVB-T, la codificación y compresión de audio y video, referido al método de reducción de bit rate, es realizado según la norma MPEG-2 [6], con una sintaxis especializada por ETSI para los sistemas DVB, lo que le permite ser compatible con diversos medios de almacenamiento de contenido. Para la multiplexación y transporte, que permite que varios programas conformados por video, audio y datos, puedan ser multiplexados en un único flujo de transporte, se emplea la norma MPEG-2, que permite la distribución de programas de forma simultánea, compartiendo el canal de transmisión para ofrecer una programación múltiple.

Los procesos de “codificación y compresión de fuente” y de “multiplexación y transporte” se podrían asumir como equivalentes a los desarrollados por el sistema ATSC, excepto que el referido sistema emplea la sintaxis AC-3 para la codificación de audio, mientras que DVB sigue las recomendaciones del formato MPEG-2. Sin embargo el estándar DVB también permite el empleo de formatos AC-3 para sonido envolvente

El sistema DVB-T, adicionalmente permite transmisiones jerárquicas, lo que implica transmitir la información de dos flujos de transporte, uno denominado de alta prioridad (HP) y otro de baja prioridad (LP), en una sola transmisión digital.

El flujo de HP es protegido en mayor grado introduciendo alta redundancia, disminuyendo la velocidad binaria, lo que es apropiado para transmisiones de larga distancia donde la relación señal a ruido (S/N) de recepción es bastante baja. El flujo de LP, sin embargo se podría transmitir con poca redundancia, aumentando la velocidad binaria, el que sería decodificado satisfactoriamente por receptores ubicados a distancias menores donde la S/N es mayor. El receptor puede decodificar cualquiera de los flujos HP y LP, y según la configuración elegida, los flujos de transporte podrían ser utilizados para transmitir programación distinta de la misma calidad, la misma programación pero con diferente calidad (alta definición (HD) o definición estándar (SD)), o un flujo puede ser orientado a receptores fijos, mientras que el otro está orientado a receptores móviles o portátiles.

El sistema de transmisión RF es el que caracteriza al sistema DVB, el cual está conformado por dos bloques, el de codificación de canal y el de modulación OFDM. En el bloque de codificación de canal, se aplica a la señal un conjunto de procesos cuyos objetivos es proteger los flujos de transporte de los efectos de las diversas fuentes de ruido e interferencias que degradan las transmisiones, los cuales son especificados en el documento ETSI EN 300 744. El módulo de modulación OFDM genera las señales de radiofrecuencia que son transmitidas por radio a partir de los datos digitales entregados por el codificador de canal.

En los últimos años, el estándar DVB-T ha evolucionado proponiendo mejoras al estándar original, denominado estándar DVB-T2. El DVB-T2 es el sistema para transmisión de televisión digital terrestre de segunda generación, ofreciendo como principal ventaja frente al actual sistema DVB-T, la mejora de la eficiencia, robustez y flexibilidad. Introduce nuevas técnicas de modulación y codificación, y un incremento en 30% a 50% [<http://www.dvb.org/technology/dvbt2/>] de capacidad respecto al sistema DVB-T, en condiciones de recepción equivalentes. Las especificaciones de DVB-T2 fueron aprobadas y publicadas como un DVB BlueBook en el año 2008, y publicado por ETSI en el mes de setiembre del año 2009 (EN 302 755).

2.4.3 Estándar ISDB-T

El estándar ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting) o Transmisión Digital de Servicios Integrados es el formato de televisión digital y radio digital desarrollado por la Asociación de Industrias y Empresas de Radiocomunicación (ARIB, Association of Radio Industries and Businesses) de Japón, y es promovido en el mundo por el Grupo de Expertos de Radiodifusión Digital (DIBEG - Digital Broadcasting Experts Group). DiBEG fue fundado en septiembre de 1997 para promover el sistema ISDB-T a través del mundo. Los miembros del DiBEG son básicamente los principales transmisores y fabricantes dedicados al área de la radiodifusión, así como las asociaciones relacionadas a la industria de la radiodifusión en el Japón.

El estándar ISDB fue creado para permitir a las estaciones de radio y televisión, la conversión de sus transmisiones analógicas a digitales, teniendo en cuenta los requerimientos internos del país, para suministrar flexibilidad, capacidad de expansión y difusión de servicios multimedia.

La investigación y desarrollo para ISDB comenzó en los años 1980 y el estándar propiamente como tal fue forjado en los años 1990. ISDB comprende distribución de video digital por satélite (ISDB-S), cable (ISDB-C) y terrestre (ISDB-T), este último incluye transmisión a terminales móviles y portátiles, asimismo provee especificaciones para transmisión terrestre de sonido digital (ISDB-Tsb).

La transmisión digital terrestre ISDB-T fue lanzada en Japón en diciembre de 2003, en las áreas metropolitanas de Tokio, Osaka y Nagoya; posteriormente las áreas de servicio se han ido ampliando progresivamente, hasta extender el servicio digital en todo el país, por lo que el 24 de julio de 2011, fecha programado para el apagón analógico, se dieron por finalizadas las transmisiones de televisión terrestre que utiliza tecnología analógica, empleándose únicamente señales digitales para brindar el servicio de televisión terrestre.

Para la televisión digital terrestre, el estándar ISDB-T utiliza el método de modulación conocido como Transmisión de Banda Segmentada (Band Segmented Transmission – BST) sobre la base del esquema de modulación OFDM (BST-OFDM), que es lo que fundamentalmente lo diferencia del estándar DVB-T. Para la codificación de audio y video, compresión y multiplexación emplea el estándar MPEG-2, y contiene especificaciones para realizar transmisiones de televisión en alta definición (HD) y definición estándar (SD).

El método de modulación BST-OFDM divide la banda de transmisión en 13 segmentos (en realidad la banda de transmisión es dividida en 14 segmentos, de los cuales uno es utilizado como banda de guarda, medio segmento en cada extremo de la

banda de transmisión) para ser asignados a distintos servicios, combinándolos en grupos denominados “capas” (en un canal se pueden transmitir hasta tres capas: A, B y C, al mismo tiempo y cada una puede tener contenidos diferentes), permitiendo configurar los parámetros de transmisión individualmente según el uso de las mismas, ofreciendo las ventajas de la transmisión jerárquica y de la recepción parcial. Trabaja con anchos de banda de 6, 7 y 8 MHz; para el caso específico de 6MHz cada segmento del canal tiene una ancho de banda aproximado de 429kHz, que hace un ancho de banda útil de aproximadamente 5.57MHz. En la figura 2.3 se grafica la transmisión de modo jerárquico.

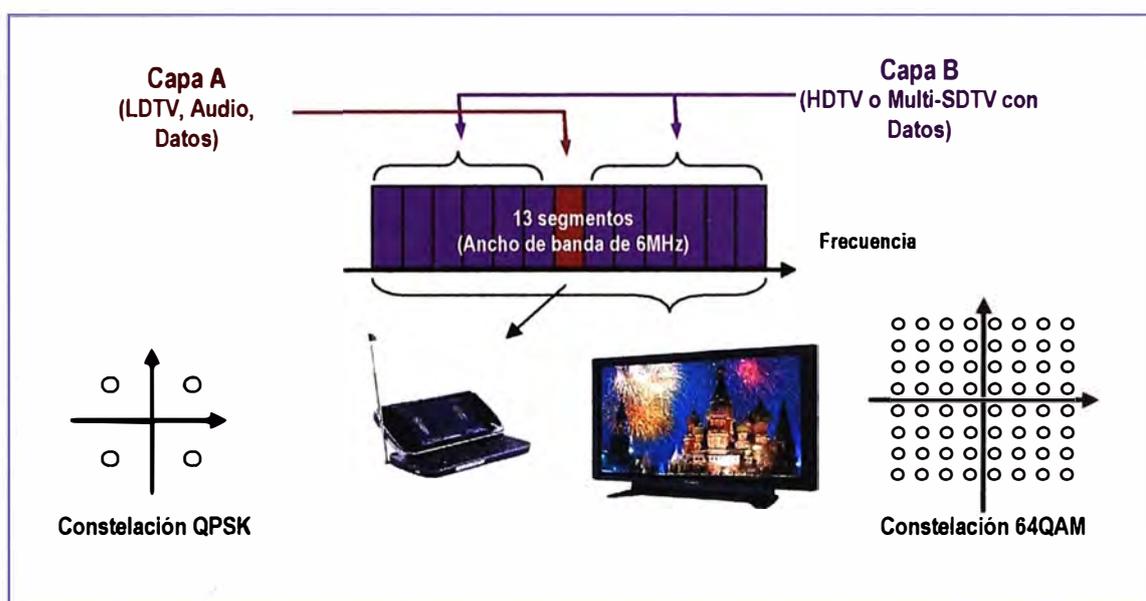


Fig.2.3 Sistema de transmisión de modo jerárquico, 2 Capas
(Fuente: <http://www.dibeg.org/techp/feature/ANNEX-AA.pdf>)

Para la recepción portátil se usa un segmento, por lo que el sistema de recepción se denomina “One-seg”, ubicado en el centro del ancho de banda, y los otros doce segmentos son usados para recepción fija únicamente (configuración de 2 capas) o para recepción fija y móvil (configuración de 3 capas), dependiendo de la elección del operador. El “One-seg” utiliza codificación de video H.264 y audio AAC encapsulado en un flujo de transporte MPEG-2 y la modulación del segmento es QPSK.

Los documentos técnicos del ISDB-T, entre otras cosas, especifican aspectos relacionados a la provisión de servicios interactivos sobre diversos canales de retorno, acceso condicional y protección de copia, y redes de frecuencia única (SFN).

Como se sabe, Brasil adoptó el estándar ISDB-T como sistema de radiodifusión terrestre en junio de 2006, y propuso una versión modificada que ha sido denominada ISDB-Tb, la cual establecía el uso de nuevas tecnologías para la codificación y compresión de video, tales como H.264, y adoptó el empleo de un middleware desarrollados por ellos mismo, denominado GINGA; sin embargo el sistema de

transmisión es igual al sistema japonés, por lo que finalmente las referidas modificaciones fueron consideradas como parte de la familia ISDB-T, siendo desarrollado y promocionado actualmente como estándar ISDB-Tb o ISDB-T Internacional.

a) El Sistema ISDB-Tb

El sistema brasileño de televisión digital (SBTV), también denominado ISDB-Tb (ISDB-T built in) o ISDB-T Internacional, toma como base el estándar japonés ISDB-T, utiliza la modulación BST-OFDM, permitiendo una transmisión jerárquica en la que hasta 13 segmentos son agrupados en tres capas con diferentes parámetros de codificación de canal y modulación y, por lo tanto con diferentes niveles de robustez, transmitiendo simultáneamente para receptores fijos, portátiles y móviles. Además puede operar en canales de 6, 7 y 8MHz. La figura 2.4 muestra el diagrama en bloques del sistema de transmisión ISDB-Tb.

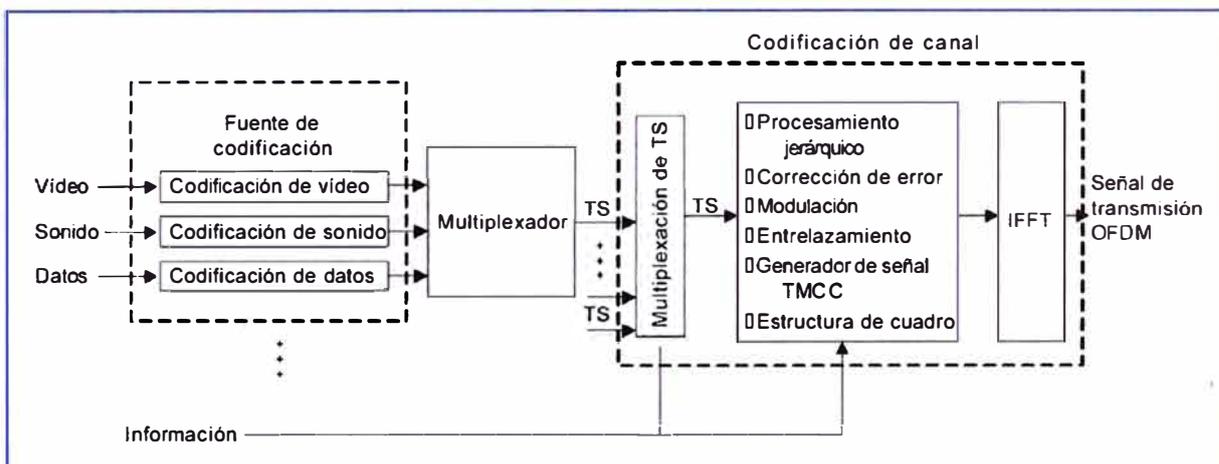


Fig.2.4 Diagrama en bloques del sistema de transmisión ISDB-Tb (Fuente: Norma Brasileña ABNT NBR 15601)

A diferencia de la norma japonesa, para la codificación de audio y video utiliza actualizaciones técnicas; siendo adoptada la recomendación UIT-T H.264 (MPEG-4 AVC, Advanced Video Coding) como herramienta de compresión del video, debido a que representa una mejora en la calidad de las aplicaciones. Asimismo la elección del patrón MPEG-4 AAC para la codificación del audio, ofrece buen desempeño, flexibilidad y bajo overload de señalización. Estas actualizaciones permiten transmitir hasta dos (2) programas en alta definición, más un canal one-seg, empleando el ancho de banda de 6MHz. Adicionalmente, el servicio one-seg para equipos móviles presenta 30 cuadros por segundo, a diferencia de los 15 cuadros por segundo presentados en el estándar ISDB-T.

La otra gran innovación de las mejoras propuestas desarrolladas por Brasil se refiere al middleware denominado GINGA, compuesta de un núcleo común, una parte explicativa basada en el lenguaje de presentación NCL, una parte de procedimiento

basada en la ejecución JAVA, y un puente entre ellas. Estas diferencias hacen que los receptores de ISDB-T originales no sean compatibles con la señal ISDB-Tb.

La reglamentación de las normas ISDB-Tb se muestra en la figura 2.5.

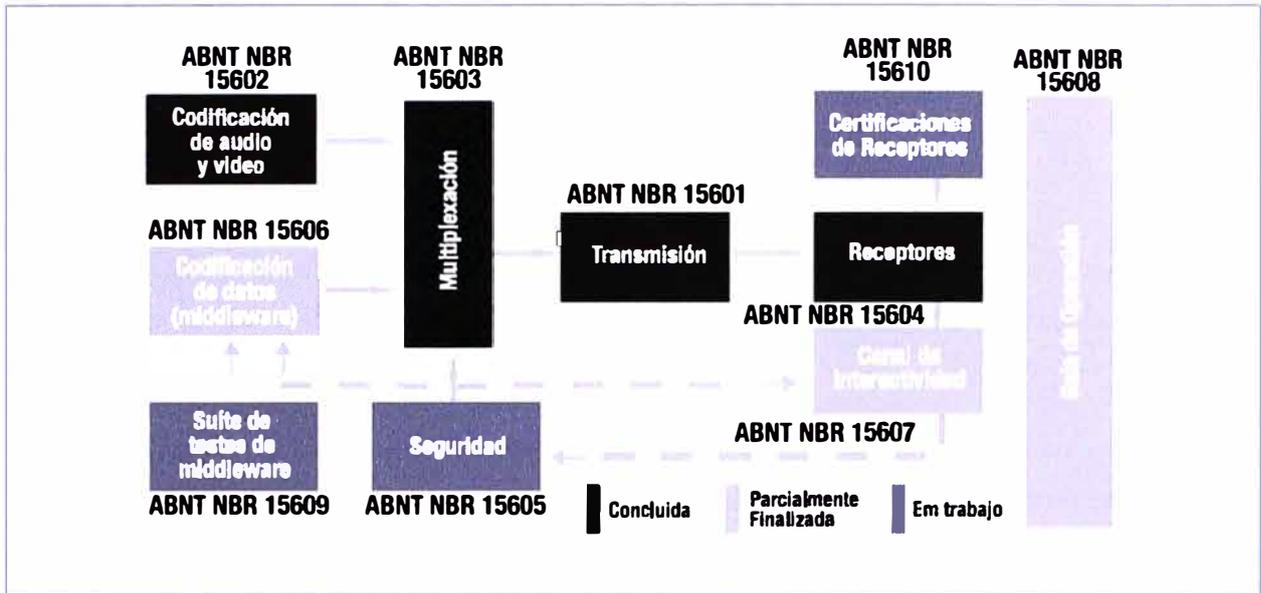


Fig.2.5 Reglamentación de las normas del sistema de transmisión ISDB-Tb (Fuente: Revista da SET, Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisión)

b) Redes de frecuencia única (SFN)

En las redes de frecuencia única o iso-frecuencia (SFN, por sus siglas en inglés), como el nombre lo indica, todos los transmisores operan en la misma frecuencia, lo que constituyen una gran economía con respecto a la asignación de frecuencias del espectro radioeléctrico. Todos los transmisores radian una señal idéntica y tiene que operar entre sí en sincronía completa. Las señales de los transmisores adyacentes son vistas por un transmisor como si fueran simples ecos. La sincronización de frecuencia es la condición, con altas demandas de exactitud y estabilidad de frecuencia [7].

Hay también sin embargo, un requisito estricto con respecto a la distancia máxima entre los transmisores. Esta distancia se relaciona a la longitud del intervalo de guarda y la velocidad de la luz, es decir al retraso de señal asociado. La interferencia de inter-símbolo sólo puede evitarse si en el caso de recepción de trayectoria múltiple, el retraso de cualquier camino no sea mayor que la longitud del intervalo de guarda. Si la señal se recibiera de un transmisor más distante violando el intervalo de guarda se produce interferencia inter-símbolo que se aprecia como ruido en el receptor. Para superar esta interferencia, debe atenuarse suficientemente las señales de los transmisores a distancias mayores. El umbral para el funcionamiento cuasi libre de error se forma por las mismas condiciones en cuanto al ruido puro. Por consiguiente, es de importancia particular que se calibre correctamente los niveles en una red SFN. No se requiere la

potencia máxima en cada sitio de transmisión sino la que sea correcta. El planeamiento de la red requiere de información topográfica [7]. En la figura 2.6 se ilustran las redes MFN y SFN.

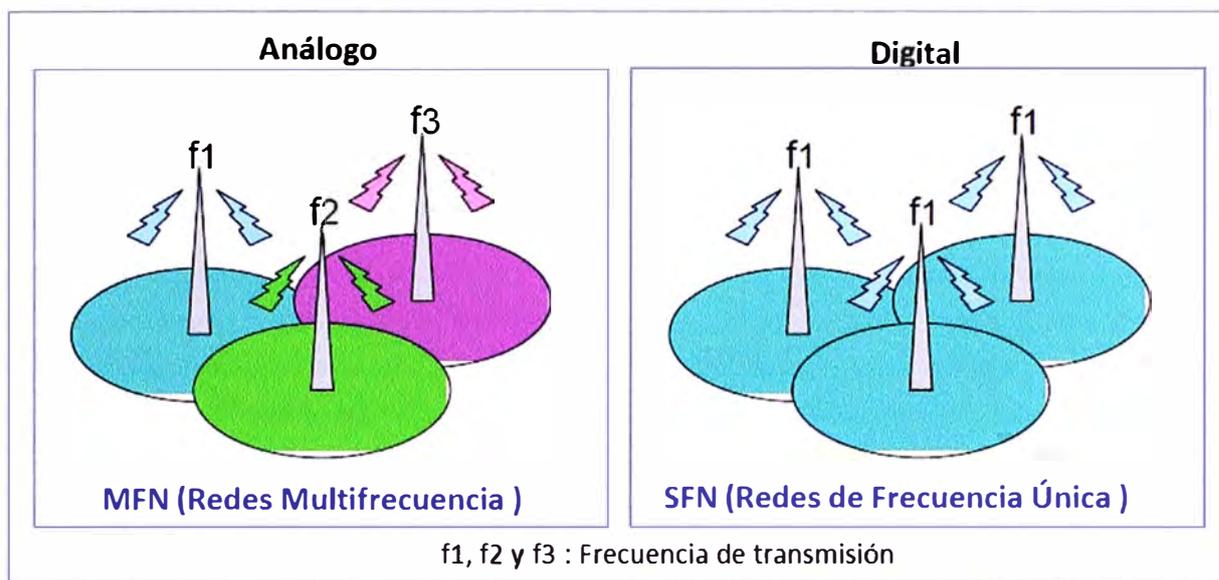


Fig.2.6 Redes MFN y SFN (Fuente: <http://www.dibeg.org/>)

La multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) es muy adecuada para la operación iso-frecuencia. El OFDM es un método de transmisión que usa un gran número de subportadoras en un canal de transmisión, ninguna de las cuales se interfiere con la otra porque son ortogonales entre sí. Se diseña sobre todo para las características de un canal de transmisión terrestre conteniendo ecos múltiples. La información a ser transmitida es distribuida intercalada entre muchas subportadoras, habiendo primero agregado la protección de error apropiada, resulta la OFDM codificada (COFDM). Cada una de estas subportadoras es modulada, mediante modulación vectorial QPSK, 16-QAM y hasta 64-QAM, y en cada caso transmiten una parte de la información. El OFDM produce símbolos más largos que en la transmisión de portadora única y, como resultado, con la ayuda de un intervalo de guarda, puede eliminarse la interferencia de inter-símbolos debido a los ecos. Debido a la protección de error y el hecho que la información es distribuida encima de muchas subportadoras, es posible recuperar flujos de datos originales libre de errores a pesar de cualquier desvanecimiento debido a los ecos [7].

2.4.4 Estándar DTMB

El estándar DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) ó DMB-T Chino, es el estándar de televisión digital terrestre para terminales fijos y móviles desarrollado por la República Popular China, el cual fue adoptado como su estándar nacional en el año 2006.

China oficialmente inició el desarrollo de su estándar de televisión digital terrestre en 1994, y fue anunciado técnicamente como estándar en el 2006, doce (12) años después. El proceso para definir el estándar chino se inicia con la convocatoria para realizar propuestas al gobierno, teniendo como condiciones: alta eficiencia en uso del ancho de banda, mayor cobertura, bajo consumo de energía, así como una gran movilidad; además la propuesta debía soportar alta definición (HD) y definición estándar (SD), recepción fija y móvil, y en interiores y exteriores.

Es así que en 1999, la Universidad de Tsinghua presentó el DMB-T (Digital Multimedia Broadcasting-Terrestrial), y la Universidad Jiaotong de Shanghai el ADTB-T (Advanced Digital Television Broadcasting-Terrestrial) [9]. En el año 2002, se realizaron pruebas de laboratorio y de campo de los sistemas propuestos y el análisis de la propiedad intelectual de los mismos, además la Academia de Ciencias de Radiodifusión propuso el TiMi (Terrestrial Interactive Multiservice Infrastructure).

Posteriormente, en el 2004, las 3 propuestas que competían se fusionaron, dando como resultado una oferta combinada, que además estudió los estándares para televisión digital desarrollados en el mundo, tales como DVB-T y ATSC, a fin de adoptar las mejores características de cada uno y mejorar lo que fuese posible, y luego de realizar las pruebas de laboratorio y de campo, el estándar fue anunciado en el 2006, siendo denominado GB 20600-2006. Su objetivo fue ofrecer televisión de alta definición abierta para el pueblo chino a tiempo para los Juegos Olímpicos de Beijing del año 2008.

Inicialmente al estándar adoptado se le denominó DMB-T/H (Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld), y a fin de evitar confusiones con el estándar para televisión móvil desarrollado por Corea, el estándar ha sido oficialmente denominado DTMB. El estándar DTMB adoptado puede soportar velocidades de datos (payload data rate) de 4.813Mbps a 32.486Mbps en un canal convencional de televisión UHF/VHF de 6 MHz y transmitir contenidos en definición estándar (SD) y alta definición (HD) [8].

Además, el estándar DMTB permite modulación de portadora única ($C=1$) y de múltiples portadoras ($C=3780$), en diversos escenarios de implementación, para recepción fija y móvil, y en SFN y MFN. La transmisión puede ser optimizada mediante el establecimiento de diferentes parámetros técnicos de modulación, codificación de canal y el tiempo de interpolación.

La codificación de audio, video y datos puede ser realizar con MPEG-2, o MPEG-4 para el video y datos, y AVS para el audio digital.

Para la compresión de la señal puede utilizar MPEG-4 o MPEG-2, mientras que para la corrección de errores utiliza algoritmos avanzados BHC (Bose –Chaudary – Hocquenghem) y LDPC (Low Density Parity Check) diferenciándose de los otros

estándares, y para la modulación de las subportadoras constelaciones de 4-QAM hasta 64-QAM.

Una de las principales características de este sistema es el tipo de modulación que utiliza, denominada TDS-OFDM (Time Domain Synchronous OFDM), que combina el procesamiento digital de la señal en el dominio del tiempo y de la frecuencia; además introduce secuencias binarias de pseudo-ruido (PN) entre bloques de símbolos de transformadas discretas de Fourier (DFT) consecutivas, como intervalos de guarda para una sincronización más rápida del sistema y estimación de canal más precisa, lo que provee robustez al sistema.

2.5 La Televisión Digital Terrestre en el Perú

A continuación se resumen las acciones realizadas para el proceso de adopción del estándar de televisión digital terrestre en el Perú, la situación actual de las bandas de frecuencia VHF y UHF, indicadores relacionados al servicio de televisión y el avance en la implementación de la TDT en nuestro país.

2.5.1 Sobre la adopción del estándar de televisión digital terrestre

Para adoptar el estándar de televisión digital terrestre en nuestro país, se consideró necesario evaluar los estándares disponibles en el mundo hasta ese momento. Por lo que mediante Resolución Suprema N° 010-2007-MTC publicada el 21 de febrero de 2007, se constituyó la Comisión Multisectorial encargada de recomendar al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el estándar de televisión digital terrestre a ser adoptado en el Perú.

Esta Comisión Multisectorial, estuvo integrada por un representante del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, quien la presidió; dos representantes de la Presidencia del Consejo de Ministros a propuesta del Instituto de Radio y Televisión del Perú IRTP y del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI; un representante del Ministerio de la Producción – PRODUCE; un representante del Ministerio de Relaciones Exteriores – RREE; y un representante de la sociedad civil a propuesta del Consejo Consultivo de Radio y Televisión – CONCORTV.

La labor de la Comisión Multisectorial consistió en evaluar los estándares **ATSC** (americano), **DVB-T/H** (europeo), **ISDB-T** (japonés). Posteriormente se amplió en el encargo realizado inicialmente, a fin de que también se evalúen los estándares **ISDB-T** con innovaciones brasileñas y **DMTB** (chino), para lo cual consideró tres criterios fundamentales: técnico, económico y de cooperación técnica.

a) Evaluación técnica

Para la evaluación técnica se realizaron pruebas de campo en las ciudades de Lima, Iquitos y Cusco, siguiendo el principio de igualdad de condiciones y el informe de la UIT-R 2035.

El principio de igualdad de condiciones consistió en realizar la transmisión desde la misma planta transmisora, empleando la misma antena y un único amplificador para los cinco sistemas puestos a prueba, conforme se muestra en la figura.2.7.

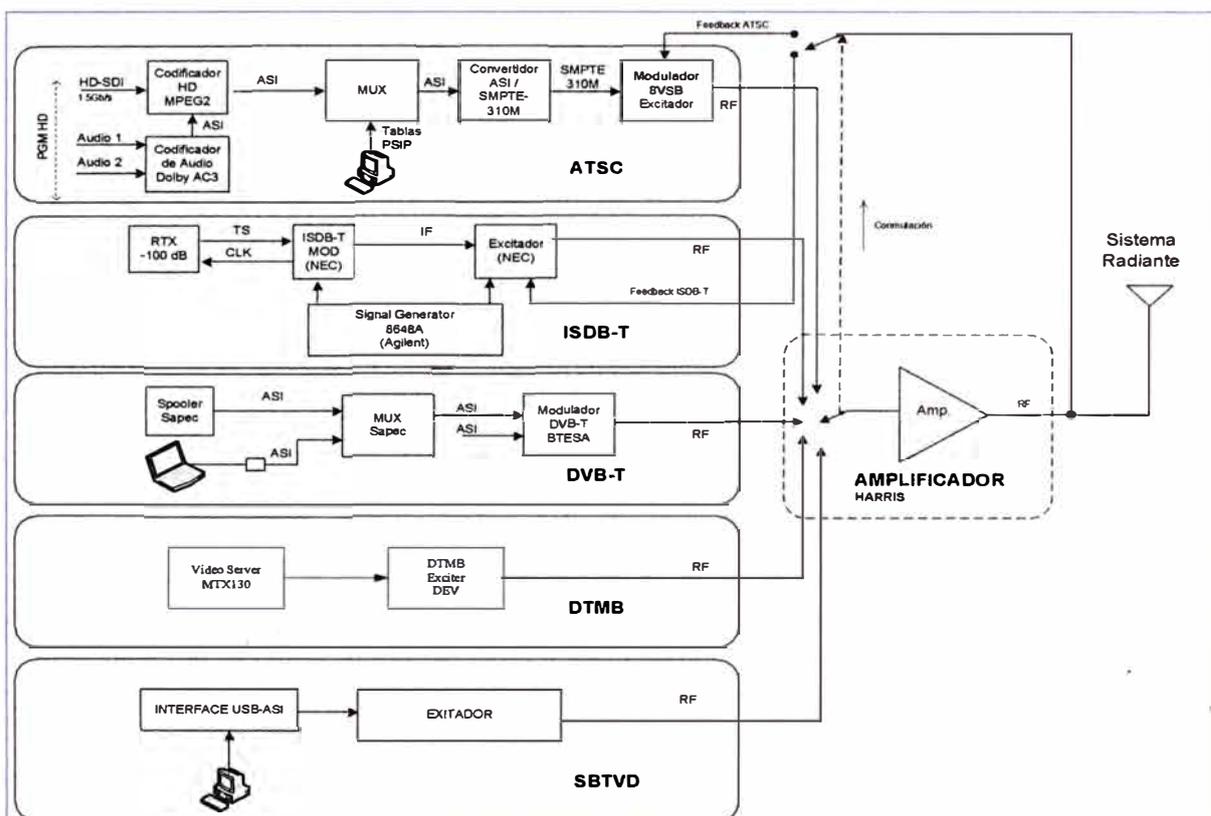


Fig.2.7 Configuración del sistema de transmisión para pruebas de adopción del estándar de TDT (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Se evaluó el desempeño de la señal digital en las modalidades de HDTV y SDTV, en escenarios de recepción fija en interiores y exteriores, recepción portátil y bajo condiciones de movilidad, siguiendo criterios específicos previamente establecidos, como: características técnicas de los estándares, eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico, convergencia de servicios y contribución al acceso universal, la reducción de la brecha digital y el desarrollo de la sociedad de la información en el país.

Las pruebas fueron orientadas fundamentalmente a la evaluación subjetiva de la calidad de la imagen y del sonido de la señal digital, otorgándose una calificación máxima de 5 (excelente) y mínima de 1 (malo).

La selección de los puntos de medición consideró las características geográficas propias de cada ciudad, y son resumidos en la TABLA N° 2.2.

TABLA N° 2.2 Resumen de los puntos de medición (Fuente: propia)

Ciudad	PUNTOS DE MEDICIÓN EN RECEPCIÓN FIJA			PUNTOS DE MEDICIÓN EN RECEPCIÓN PORTÁTIL		
	Total	Exteriores	Interior	Total	Exteriores	Interior
Lima	41	33 HD	8 HD	30	24	6
Cuzco	20	4 HD + 12 SD	1 HD + 3 SD	5	4	1
Iquitos	20	4 HD + 12 SD	1 HD + 3 SD	5	4	1

b) Evaluación Económica

La evaluación económica consideró los beneficios para los consumidores y radiodifusores, así como una comparación de costos de los equipos.

c) Evaluación de cooperación

La evaluación de cooperación, tomo en cuenta la oferta de los estándares en rubros tales como el proceso de implementación y gestión del espectro radioeléctrico, desarrollo de capacidades, oportunidades de negocios, investigación, transferencia de tecnología, entre otros.

Luego de efectuadas las mediciones y las evaluaciones económicas y de cooperación, se obtuvieron los resultados que se muestran en la TABLA N° 2.3.

TABLA N° 2.3 Resultados finales de la evaluación de los estándares de TDT (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC)

Criterios	Estándares			
	ATSC	DVB-T	ISDB-T	DTMB
Técnico	4°	3°	1°	1°
Económico	3°	2°	1°	4°
Cooperación Técnica	3°	1°	2°	4°

Por lo que mediante Resolución Suprema N° 019-2009-MTC, publicada el 24 de abril de 2009, se adoptó el estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial), con las mejoras tecnológicas que hubiere al momento de su implementación, como sistema de televisión digital terrestre para el Perú, por los fundamentos expuestos en el informe final presentado por la Comisión Multisectorial constituida mediante Resolución Suprema N° 010-2007-MTC.

2.5.2 Acciones previas a la implementación de la TDT en el Perú

Habiéndose adoptado el estándar de TDT en el Perú, se realizaron diversas acciones para la implementación del nuevo servicio. En la TABLA N° 2.4 se resumen las principales acciones previas realizadas para la implementación de la TDT.

TABLA N° 2.4 Acciones previas realizadas para la implementación de la TDT en el Perú
(Fuente: propia)

Fecha	Evento
24 /09/2009	Se constituyó la Comisión Multisectorial Temporal para dar recomendaciones para el Plan Maestro de Implementación de la TDT.
11/08/2009	La Comisión Multisectorial Temporal presentó su Informe Final al MTC, el que contenía recomendaciones referidas al cronograma, financiamiento y difusión.
21/08/2009	Se suscribió el convenio de cooperación con el gobierno de Japón.
14/09/2009	Se suscribió el convenio de cooperación con el gobierno de Brasil.
22/09/2009	Se aprobaron las especificaciones técnicas mínimas de los equipos receptores de TDT compatible con el estándar ISDB-T a ser utilizados en el Perú.
05/01/2010	Se aprobó el convenio denominado "Documento de confirmación del proyecto piloto del sistema de transmisión de televisión digital terrestre ISDB-T en la república de Perú", para la implementación de la señal digital de IRTP.
01/02/2010	Se inicia la venta de los primeros televisores con el decodificador del estándar ISDB-T incorporado, celulares y decodificadores externos para recibir la señal de TDT.
10 - 16/03/2010	Se realizaron pruebas indoor y demostraciones del Proyecto Piloto.
01/03/2010	Se realizaron pruebas técnicas en exteriores del Proyecto Piloto.
29/03/2010	Se aprobó el Plan Maestro para la implementación de la TDT en el Perú.

De las acciones realizadas, es importante resaltar la aprobación de las especificaciones técnicas mínimas de los equipos receptores de TDT compatible con el estándar ISDB-T a ser utilizados en el Perú, debido a que esto permitió que las empresas comercializadoras de equipos cuenten con los requerimientos técnicos mínimos a ser tomados en cuenta para la venta de los nuevos equipos receptores de televisión.

Asimismo, la firma de acuerdos con los gobiernos de Japón y Brasil, contempló asuntos relacionados a la transferencia tecnológica y capacitación de recursos humanos para apoyar la elaboración del plan maestro, la planificación de canales, la renovación de equipos, el acondicionamiento de la red, la producción de programas, el manejo de estudios de radiodifusión, la edición de contenidos, la transmisión digital, la confección de programas de transmisión de datos, elaboración de programas de televisión

interactivos, el desarrollo de software, middleware, nuevas aplicaciones de la TV digital y del sistema de alarmas de emergencia, entre otros.

2.5.3 Distribución del espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado, conformado por el conjunto de ondas electromagnéticas cuyas frecuencias se fijan convencionalmente de 9kHz hasta 300GHz, siendo el Estado soberano en su aprovechamiento, correspondiéndole al Ministerio de Transportes y Comunicaciones su gestión, administración, asignación de frecuencias y control.

El documento técnico normativo denominado Plan Nacional de Atribución de Frecuencias – PNAF, establecido con Resolución Ministerial N° 187-2005-MTC/03, contiene los cuadros de atribución de frecuencias de los diferentes servicios de telecomunicaciones, de tal forma que los diversos servicios operan en bandas de frecuencia definidas previamente para cada uno de ellos, a fin de asegurar su operatividad, minimizar la probabilidad de interferencias perjudiciales y permitir la coexistencia de servicios dentro de la misma banda de frecuencia, cuando sea el caso.

En ese sentido, según el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) y las normas técnicas del servicio de radiodifusión, el espectro radioeléctrico de frecuencias para el servicio de televisión está distribuido conforme se muestra en la TABLA N° 2.5.

TABLA N° 2.5 Frecuencias para radiodifusión por televisión (Fuente: PNAF MTC)

	Canales	Banda de Frecuencia	Denominación
Banda de VHF (desde 30MHz a 300MHz)	2 – 4 5 – 6	54 – 72 MHz 76 – 88 MHz	Banda I
	7 – 13	174 – 216 MHz	Banda III
Banda de UHF (desde 300MHz a 3GHz)	14 – 32	470 – 584 MHz	Banda IV
	33 – 36 38 – 51	584 – 608 MHz 614 – 698 MHz	Banda V

La norma técnica del servicio de radiodifusión define el canal de televisión como parte del espectro radioeléctrico destinada a ser utilizada por una estación de televisión cuyo ancho de banda asignado es de 6MHz.

2.5.4 Banda de frecuencias atribuidas al servicio de TDT

En la misma fecha que se adoptó el estándar ISDB-T, se publicaron dos resoluciones ministeriales, relacionadas con el objetivo de agilizar el cambio tecnológico

del servicio de radiodifusión por televisión, la Resolución Ministerial N° 317-2009-MTC/03, que reservó la banda de 470 – 608MHz y 614 – 746MHz para el servicio de radiodifusión por televisión digital terrestre a nivel nacional, y suspendió la asignación de nuevos canales en ellas; y la Resolución Ministerial N° 519-2009-MTC/03, que modificó el PNAF y destinó las bandas de frecuencias de 7,100 – 7,250MHz, 7,300 – 7,425MHz, 10,650 – 10,700MHz y 12,700 – 13,250MHz, a los enlaces fijos y móviles auxiliares a la radiodifusión por televisión.

Posteriormente mediante Resolución Ministerial N° 150-2010-MTC/03, se modificó el PNAF, estableciéndose que las bandas de frecuencias de 470 – 608MHz y 614 – 698MHz, se encuentran atribuidas al servicio de radiodifusión por televisión que utiliza la tecnología digital. La figura 2.8 grafica lo señalado anteriormente.

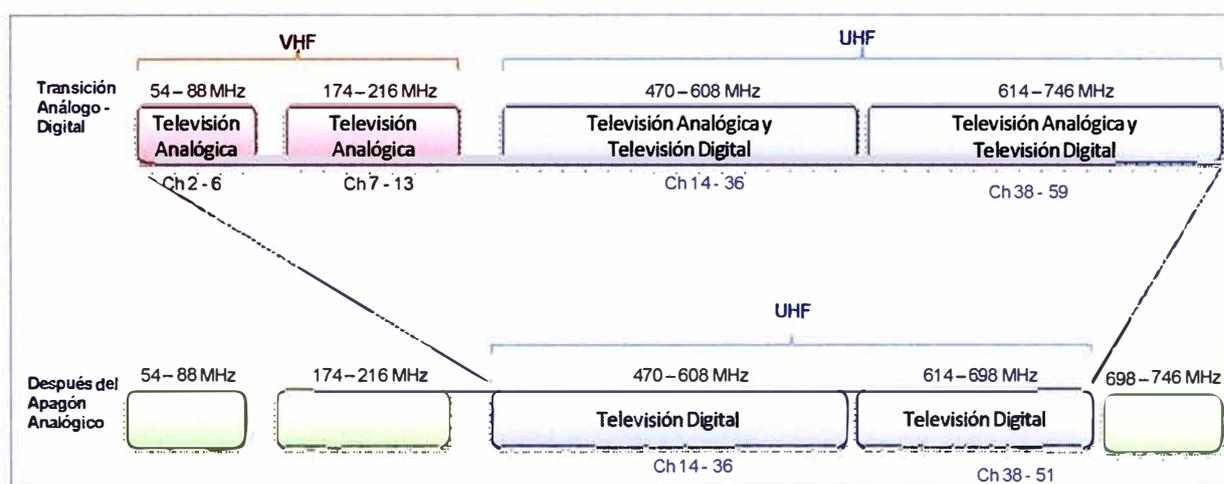


Fig.2.8 Atribución del espectro radioeléctrico para la TDT (Fuente: propia)

La suspensión de autorizar nuevos canales para el servicio de radiodifusión por televisión se dio con la finalidad de reordenar la banda de UHF, para que los operadores autorizados en la banda de VHF pudiesen migrar progresivamente a dicha banda durante el periodo de transición establecido, el cual concluye con el apagón analógico o fin de las transmisiones de televisión que emplean tecnología analógica.

Esto es posible gracias a las ventajas dadas por el uso de tecnología digital, que permite asignar “los canales” en forma consecutiva, que para el caso de nuestro país corresponde a un ancho de banda de 6MHz, superando el inconveniente que se presenta con la transmisión analógica que radica en la necesidad de contar con al menos un canal como guarda y protección de interferencia de los canales adyacentes.

Asimismo, la tecnología digital permite la transmisión de varios programas simultáneamente, hasta dos (2) programas en alta definición (HD), ocho (8) en definición estándar (SD) o una combinación de ellos, utilizando el mismo ancho de banda que se emplea para transmitir sólo un programa de señal analógica, dependiendo de la configuración establecida por el radiodifusor.

Ambas características permiten hacer un uso más eficiente del espectro radioeléctrico posibilitando el ingreso de nuevos operadores y el desarrollo de nuevos modelos de negocios. Posteriormente al apagón analógico, las bandas liberadas de 58 – 88MHz, 174 – 216MHz y 698 – 745MHz, revertirán al Estado para la atribución de nuevos servicios de telecomunicaciones.

Hasta el momento el Estado no ha tomado una decisión acerca de qué se hará con el espectro liberado de 58 – 88MHz, 174 – 216MHz, el cual podría ser reservado para el uso en temas de educación a distancia, seguridad pública, canales de comunicación de emergencia, entre otros. En ese contexto, siguiendo las tendencias internacionales, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) reservó la banda 698 – 745MHz, a fin de que sea atribuida a título primario para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, estableciendo la migración de los titulares de autorizaciones del servicio de radiodifusión por televisión que transmiten con tecnología analógica en dicha banda, a las bandas 470 – 608MHz y 614 – 698MHz, de acuerdo a las condiciones que establezca el Ministerio. El avance de la tecnología en telecomunicaciones observado en los últimos años apunta hacia la convergencia de diversos servicios de telecomunicaciones, lo que hace del espectro radioeléctrico un recurso importante y de gran valor económico y social, ya sea para servicios vinculados o no a la televisión.

2.5.5 Plan maestro para la implementación de la TDT en el Perú

El 29 de marzo del 2010, sobre la base de las recomendaciones de la comisión multisectorial temporal, se promulgó el Decreto Supremo N° 017-2010-MTC que aprobó el plan maestro para la implementación de la televisión digital terrestre en el Perú, el cual tiene como objetivo establecer las medidas y acciones necesarias para la transición de los servicios de radiodifusión por televisión con tecnología analógica hacia la prestación de estos servicios con tecnología digital.

Hasta el momento, el Plan Maestro para la implementación de la TDT ha sido modificado mediante los Decretos Supremos N° 023-2010-MTC y 058-2010-MTC publicados el 21 de mayo y 24 de diciembre de 2010 respectivamente, y N° 008-2011-MTC publicado el 25 de febrero del 2011. En términos generales, establece que los titulares de autorizaciones de televisión digital terrestre transmitirán, como mínimo, una señal abierta de acceso libre y gratuito al público en general, para receptores fijos y portátiles, de acuerdo a lo que el estándar ISDB-T posibilite. Asimismo, dispone que la programación que se transmita en señal digital libre y gratuita a los receptores fijos, deberá ser la misma que se transmita en los portátiles.

Además, dispone que la implementación de la TDT se realizará de forma progresiva, para lo cual divide al Perú en cuatro territorios. La etapa de transición analógica – digital televisiva consiste en el cambio de la prestación del servicio de radiodifusión por tecnología analógica a la digital. En esta etapa de transición convivirán ambos servicios de radiodifusión por televisión, y comienza con el inicio de las transmisiones con tecnología digital, hasta que las transmisiones con tecnología analógica cesen, situación que ha sido denominada “apagón analógico”, a partir del cual todas las transmisiones serán únicamente digitales.

Las modalidades de transición analógica-digital establecidas en el plan maestro son: i) Transmisión simultánea de la programación en señal analógica y en señal digital, utilizando dos (2) canales de radiofrecuencia, y ii) Transición directa a la prestación de los servicios de radiodifusión utilizando la tecnología digital, en un (1) canal de radiofrecuencia. Para acogerse a una de las modalidades de transición los titulares de autorizaciones deberán presentar expresiones de interés al MTC, hasta dieciocho (18) meses después de publicada la resolución viceministerial que apruebe el plan de canalización y asignación de frecuencia de cada localidad. Para la transmisión analógica-digital simultánea, el MTC dispondrá la migración del canal de VHF asignado al titular de la autorización, a un canal de radiofrecuencia de la banda de UHF de la misma localidad.

La migración de frecuencias para la transmisión analógico-digital simultánea será:

- a) A un canal de gestión exclusiva, tratándose de titulares de autorizaciones en:(i) como mínimo, en la localidad de Lima del territorio 01 y cincuenta por ciento (50%) de las localidades de los territorios 02 y 03, consideradas en conjunto; o (ii) la banda de VHF, respecto de la localidad en donde cuenten con autorización.
- b) A un canal de gestión compartida, tratándose de titulares de autorizaciones y que no cumplan el criterio a que se refiere el ítem (i) del literal precedente.

Para el caso de la transmisión digital directa, los titulares de autorizaciones vigentes en la banda de UHF preexistente o los titulares de autorizaciones en la banda de VHF, podrán expresar su interés en realizar la transición digital directa, empleando el canal de UHF asignado o al que migrarían. De no contar con una autorización para el servicio por televisión con tecnología analógica, se podrá obtener autorización para brindar el servicio por TDT mediante concurso público que realice el MTC.

2.5.6 Cronograma para la implementación de la TDT en el Perú

El cronograma para la implementación de la TDT en el país considera realizar la implementación del nuevo servicio de manera progresiva y por etapas, para lo cual se ha dividido el Perú en cuatro (04) territorios, los que estuvieron conformados por las localidades que se muestran en la TABLA N° 2.6.

TABLA N° 2.6 Cronograma para la implementación de la TDT (Fuente: MTC)

Territorio	Localidades	Plazo máximo para aprobar Planes de Canalización	Plazo máximo para iniciar transmisiones digitales	Plazo máximo para el fin de las transmisiones analógicas
01	Lima y Callao	II Trimestre 2010	II Trimestre 2014	IV Trimestre 2020
02	Arequipa, Cusco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo	I Trimestre 2011	III Trimestre 2016	IV Trimestre 2022
03	Ayacucho, Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno y Tacna	IV Trimestre 2011	IV Trimestre 2018	IV Trimestre 2024
04	Demás localidades	I Trimestre 2013	I Trimestre 2024	Indefinido

2.5.7 Autorizaciones asignadas al servicio de radiodifusión por televisión

De acuerdo a las estadísticas proporcionadas por el MTC, a diciembre de 2010, se tiene que el número de estaciones autorizadas y vigentes de radiodifusión por televisión fue de 1143. De las 1143 autorizaciones vigentes, distribuidas según banda de frecuencia, 773 corresponden a la banda de VHF y 370 a la banda de UHF, lo que representa el 67.63% y el 32.37% respectivamente, conforme se puede apreciar en la TABLA N° 2.7. El detalle del número de estaciones autorizadas por localidad, según departamento a nivel nacional, puede ser verificado en el siguiente enlace de la página web de del MTC: <http://comunicaciones.mtc.gob.pe/frecuencias/Radiodifusion.aspx>.

TABLA N° 2.7 Estaciones autorizadas y vigentes de radiodifusión por televisión según banda de frecuencia a diciembre del 2010 (Fuente: Dirección General de Autorizaciones en Telecomunicaciones - MTC)

	Autorizaciones vigentes	% Autorizaciones vigentes
Banda de VHF	773	67.63%
Banda de UHF	370	32.37%
Total	1143	100%

2.5.8 Penetración del servicio de radiodifusión por televisión con tecnología analógica

La Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG - INEI), conforme se muestra en la figura 2.9, señala que la penetración de la televisión ha ido aumentando en el Perú, concluyendo que a setiembre del 2011, un 81.6% de los hogares en el ámbito nacional contaban con televisión, cifra superior a los 80.5% del año 2009.

Perú: Hogares con acceso a bienes TIC: Radio y Televisión		
Año: 2004 - 2010 y Trimestre: 2009 - 2011		
(Porcentaje)		
Año / Trimestre	Radio	TV
Indicadores anuales		
2004	84,2	70,5
2005	83,4	70,4
2006	84,3	72,0
2007	83,7	74,8
2008	83,1	76,6
2009	82,8	78,9
2010	83,3	80,0
Indicadores trimestrales		
2009		
Ene-Feb-Mar	81,3	78,2
Abr-May-Jun	82,8	79,5
Jul-Ago-Set	83,4	80,3
Oct-Nov-Dic	83,5	78,4
2010 P/		
Ene-Feb-Mar	81,9	79,6
Abr-May-Jun	83,6	80,7
Jul-Ago-Set	83,9	80,5
Oct-Nov-Dic	83,0	79,1
2011 P/		
Ene-Feb-Mar	82,0	80,1
Abr-May-Jun	82,4	81,3
Jul-Ago-Set	81,8	81,6
Variación Absoluta		
Jul-Ago-Set 11 / Jul-Ago-Set 10	-2,1	1,1
Nota: Radio, incluye equipo de sonido, Tv, conformado por televisión en blanco y negro y televisión a color.		
P/ Preliminar.		
Fuente: INEI - Encuesta Nacional de Hogares, 2004 - 2011.		

Fig.2.9 Encuesta Nacional de Hogares (Fuente: <http://www.inei.gob.pe/web/BoletinFlotante.asp?file=13382.pdf>)

Los hogares con tenencia de televisión según el ámbito geográfico, para el trimestre julio-agosto-setiembre 2011, está más afianzado en el resto urbano, teniendo un porcentaje importante también en los centros poblados rurales a diferencia de otras TIC (Tecnología de la Información y Comunicación) que no tienen el mismo grado de penetración. Se tiene que la penetración de la televisión es de 97.7% en Lima Metropolitana, 90.3% en el resto urbano y 52.3% en el área rural [10].

Teniendo en cuenta los resultados anteriores es que la implementación de la televisión digital terrestre se ha planeado que se realice inicialmente en la localidad de Lima Metropolitana, luego en el resto urbano, dando prioridad a las principales ciudades, y finalmente en el área rural. Asimismo, estudios recientes realizados a los usuarios de los servicios de radio y televisión, han revelado que el 70% de peruanos no han escuchado hablar sobre TDT y el 80% no sabe cuando desaparecerá la televisión analógica en su localidad [2].

CAPITULO III SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

El análisis de la implementación de estaciones transmisoras de TDT basadas en el estándar ISDB-T, toma como referencia la implementación realizada por el Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú (IRTP), en el marco del “Memorándum con respecto a la cooperación para la implementación de la radiodifusión de la Televisión Digital Terrestre en la República del Perú” del 21 de agosto del 2009, firmado entre los gobiernos del Perú y Japón, convirtiendo al canal del estado en el primer canal en lanzar su señal de televisión digital terrestre al aire el 30 de marzo de 2010, gracias a la donación de equipamiento realizada por el gobierno de Japón, en cumplimiento del convenio denominado “Documento de Confirmación del Proyecto Piloto del Sistema de Transmisión de Televisión Digital Terrestre ISDB-T en la República del Perú”, suscrito el 06 de enero del 2010 entre los ministerios de Transportes y Comunicaciones del Perú y el de Asuntos Internos y Comunicaciones de Japón.

Para la solución del problema se ha analizado la instalación de una estación retransmisora en el cerro Shangrilla, a fin de mejorar el área de cobertura de la estación principal en los distritos de Comas, Carabayllo y Puente piedra.

3.1 Consideraciones previas

De acuerdo a lo establecido por el MTC, los planes de canalización y asignación de frecuencia se realizan por localidad. Debe entenderse por localidad a la extensión de la superficie en donde es posible la recepción de las señales emitidas por una determinada estación de radiodifusión, utilizando receptores comerciales con un nivel de señal de buena calidad, de acuerdo a lo definido en las normas técnicas del servicio de radiodifusión, aprobadas con Resolución Ministerial N° 358-2003-MTC/03. Por lo que en muchos casos una localidad está comprendida por un grupo de distritos, los que son precisados cuando se aprueba el plan de canalización y asignación de frecuencias correspondiente para cada localidad.

De acuerdo al plan de canalización y asignación de frecuencias aprobado para la localidad de Lima, se tienen 17 canales analógicos asignados y se identificó 21 canales disponibles para ser asignados a la TDT, con las condiciones técnicas siguientes:

- Ubicación de la planta transmisora: Cerro Marcavilca (Morro Solar, distrito de Chorrillos).
- Relación potencias: 240 KW para digitales y 1MW para las analógicas.
- Tipo de filtro: Máscara crítica de acuerdo a la Norma ABTN NBR 15601.

Además, para determinar el área de cobertura teórico de una estación se disponen de softwares que facilitan la predicción de los valores de campo eléctrico en el terreno. Para la estimación del área de servicio de una estación, es necesario contar con especificaciones técnicas, tales como: el tipo de servicio, las coordenadas geográficas de la ubicación de la estación, las características de la antena (tipo de antena, ganancia en dBd, patrón de radiación, orientación y altura de la torre de transmisión), las características del transmisor (potencia de transmisión y canal de operación), características del receptor (altura de la torre, umbral de recepción), pérdidas de la línea, contorno protegido que determina el área de servicio, y tener en cuenta el escenario donde se dará el servicio para considerar un tipo de atenuación, el clima y otros factores atmosféricos, los que son ingresados en el software para el cálculo de radiopropagación.

Los parámetros indicados son programados en el software, para determinar el área de cobertura. Para el análisis y determinación del área de cobertura teórico usaremos el software gratuito Radio Mobile, el cual es un software para analizar y planificar el funcionamiento de sistemas de radiocomunicaciones. Para determinar el área de cobertura, conjuntamente con las especificaciones técnicas de la estación, el software utiliza mapas de elevaciones de terreno y el algoritmo de Longley-Rice. En la figura 3.1, se muestra el ingreso de algunos parámetros técnicos en el Radio Mobile.

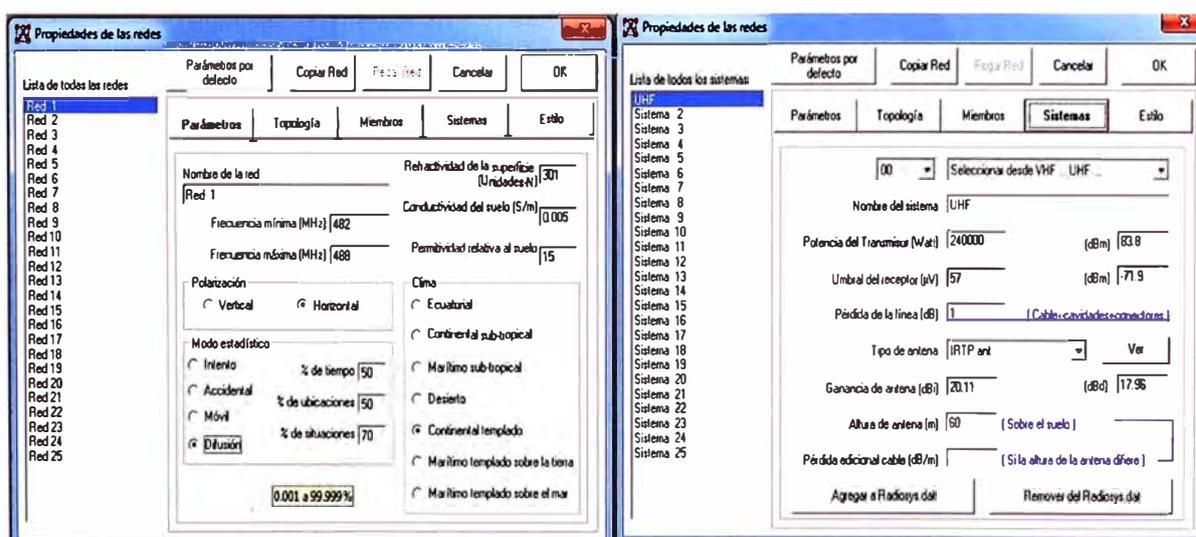


Fig.3.1 Parámetros de la red de difusión (Fuente: software Radio mobile)

Para el caso de la localidad de Lima, se ingresaron los parámetros necesarios, según lo mostrado en la figura 3.1., y se determinó el área de cobertura teórico para la

estación; asimismo se puede identificar las posibles zonas de sombra donde no se recibiría la señal de la estación transmisora ubicadas en el Cerro Marcavilca.

Con el uso de la TDT, las zonas de sombra podrán ser atendidas utilizando estaciones retransmisoras que pueden ser configuradas en el mismo canal asignado a la estación principal, es decir re-usando la frecuencia de la señal principal, formando una red de frecuencia única (SFN). Si, consideramos la instalación de estaciones repetidoras en tres ubicaciones para dar servicio a tres zonas de sombra específicas y graficamos la mejora en la cobertura teórica, a fin de evaluar la posibilidad de la implementación de las mismas, se obtendría el gráfico mostrado en la figura 3.2.

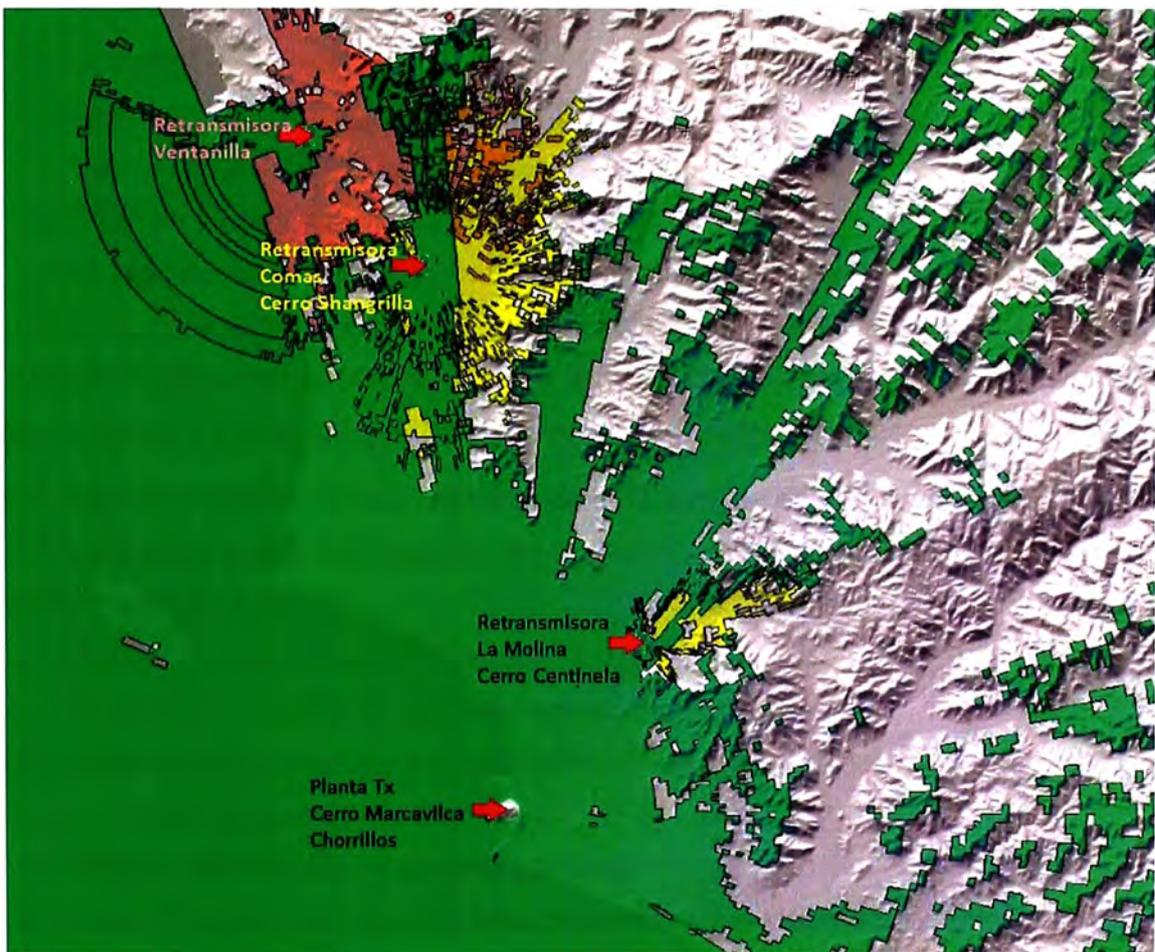


Fig.3.2 Cobertura teórica para la localidad de Lima (Fuente: Elaboración propia)

Cabe precisar que la simulación se realizó considerando los siguientes parámetros técnicos:

Estación Principal Chorrillos (Cerro Marcavilca), frecuencia de operación de 482 – 488 MHz, con 240 Kw e.r.p., altura de antena de 60 m y ganancia de 17.96 dBd, altura de receptor 10 m y con una intensidad de campo de 57 dBuV/m.

Asimismo, a fin de ir encontrando los lugares en los cuales se podría implementar las estaciones retransmisoras de TDT para cubrir las zonas fuera de cobertura del Cerro

Marcavilca, configuradas en la misma frecuencia que la estación principal, se realizó la simulación en 3 ubicaciones con las siguientes características:

La Molina (Cerro Centinela)

Coordenadas 12° 05' 49" S, 76° 57' 27.4" O

Antena yagui con 63.5° de azimut

Altura de antena respecto a la base de la torre: 50 m.

Comas (Cerro Shangrilla)

Coordenadas 11° 54' 22.6" S, 77° 04' 17.8" O

Antena con patrón cardiode con 90° de azimut

Altura de antena respecto a la base de la torre: 50 m.

Ventanilla

Coordenadas 11° 50' 20" S, 77° 07' 53" O

Antena con patrón omnidireccional

Altura de antena respecto a la base de la torre: 50 m.

En algunas zonas las coberturas se superponen, sin embargo se pueden ajustar los patrones de radiación y el nivel de las potencias, pero lo más importante es analizar si es posible implementar la red de SFN en dichos lugares considerando el retardo de la señal dentro del intervalo de guarda y los niveles de intensidad de campo.

3.2 Implementación de una estación de TDT basada en el estándar ISDB-Tb

Para implementar una estación del servicio de radiodifusión por TDT basada en el estándar ISDBT-b, se debe:

- a. Contar con autorización otorgada por el MTC para operar una estación del servicio de radiodifusión por televisión con tecnología digital.
- b. Elaborar el proyecto técnico, considerando las características técnicas autorizadas y el marco normativo vigente.
- c. Realizar los cálculos de cobertura teórico.
- d. Adquirir los equipos para la planta transmisora y el sistema irradiante.
- e. Implementar la planta de transmisión y el sistema irradiante.
- f. Configurar los equipos y realizar pruebas de funcionamiento.
- g. Realizar pruebas de cobertura.

Complementariamente a lo indicado se debe cumplir con gestionar los permisos y autorizaciones correspondientes para las obras civiles relacionadas a la construcción e instalación de la planta transmisora y el sistema irradiante, tales como permisos municipales, conformidad de defensa civil, conformidad de la autoridad competente cuando la ubicación se encuentre en zonas de restricción establecidas en el artículo 84° del Reglamento de la Ley de Radio y Televisión, entre otros.

3.2.1 Autorización para el servicio de radiodifusión por televisión

Para operar e instalar una estación del servicio de radiodifusión por televisión es necesario contar previamente con autorización otorgada por el MTC mediante resolución del viceministerio de comunicaciones. Al respecto, el plan maestro para la implementación de la TDT en el Perú, en su primera disposición complementaria final, precisó que el MTC no otorgará nuevas autorizaciones para la prestación del servicio de radiodifusión por televisión basada en la tecnología analógica, salvo en los supuestos de excepción previstos en el Reglamento de la Ley.

Según lo establecido en el plan maestro, para contar con una autorización de radiodifusión por televisión con tecnología digital, se debe:

- i) Ser titular de una autorización vigente para el servicio de televisión con tecnología analógica.
- ii) Mediante concurso público que realice el MTC para el otorgamiento de autorizaciones para prestar el servicio de TDT.

3.2.2 Proyecto técnico de una estación de radiodifusión por televisión basada en ISDB-Tb

Obtenida la autorización para operar el servicio de radiodifusión por TDT, se elabora el proyecto técnico, considerando las características técnicas precisadas en la autorización, tales como: localidad, tipo de servicio, estándar, codificación, canal, original network id, máxima potencia efectiva radiada (e.r.p), tipo de máscara del espectro de transmisión, ubicación de la planta transmisora y zona de servicio.

A modo general, una estación de radiodifusión por televisión está conformada por los estudios, la planta transmisora y el sistema irradiante. Adicionalmente a lo señalado, en caso de que la ubicación de los estudios y la planta transmisora se encuentren distanciados, será necesario emplear un enlace de microondas para transportar la señal entre estos dos puntos. En la figura 3.3 se muestra el diagrama de bloques del sistema de televisión digital terrestre basado en el estándar ISDB-T implementado por el IRTP.

Los estudios de la estación están comprendidos por el conjunto de equipos necesarios para producir, almacenar, editar, monitorear, y demás procesos relacionados a la generación de contenidos o programas. Estos equipos han sido los primeros en ser de tecnología digital, debido al desarrollo del procesamiento digital de imágenes y la compresión de audio. Los principales equipos de estudios son las cámaras digitales, la unidad de control de cámaras, generador de caracteres, conmutador HD y el control maestro HD, el cual se encarga de centralizar y monitorear toda la programación de la estación televisiva.

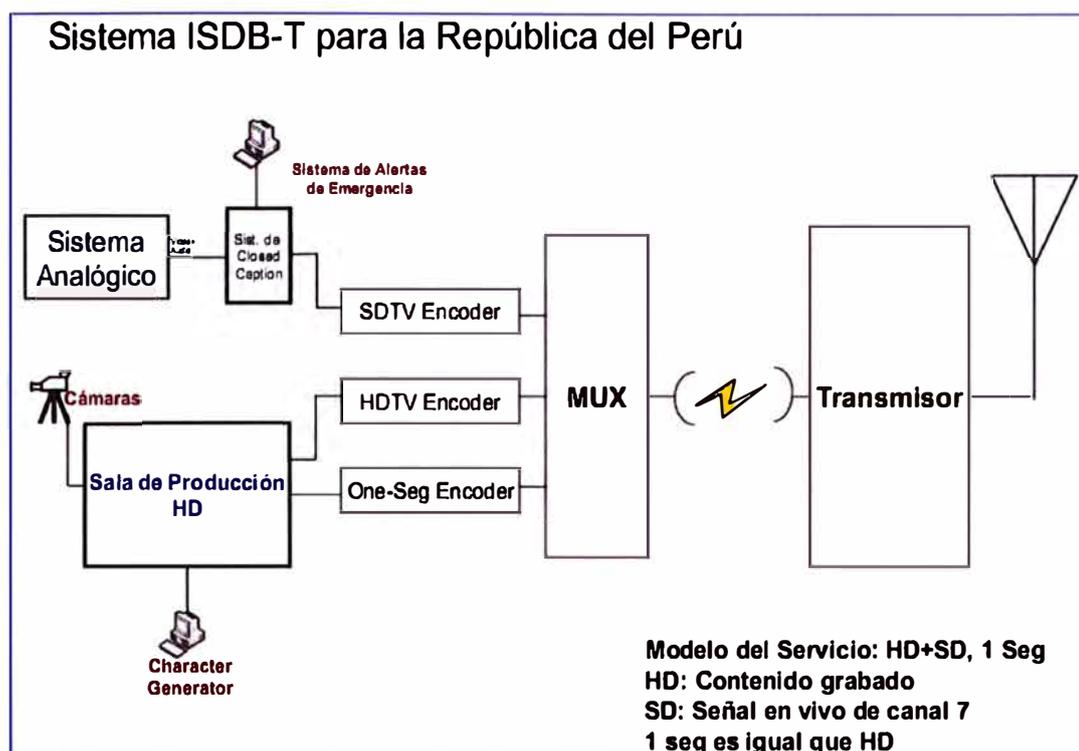


Fig.3.3 Diagrama de bloques del sistema de TDT del IRTP (Fuente: IRTP)

La señal de salida del control maestro, se comprime empleando codificadores (encoders) a fin de adecuar la tasa de transmisión al canal de transmisión, para el caso del estándar ISDB-T se emplea el formato MPEG-4/H.264.

Luego, en la capa de transporte, las señales ingresan al multiplexor para ser multiplexadas generando un único flujo de datos (BTS – Broadcast Transport Stream) a partir de los flujos de datos individuales (TS – Transport Stream) de entrada para poder transmitir varios programas dentro del canal de televisión. Además, en esta capa se insertan los datos de configuración del transmisor (TMCC – Transmisión Multiplexing Configuration Control). El TMCC se transmite vía modulación DBPSK, e incluye información de control para el sistema, como: parámetros de transmisión jerarquía que define el tipo de modulación a ser empleado en cada segmento, configuración de los segmentos, intervalo de guarda, modo de operación, tasa de codificación, datos interactivos, indicador de alarma de emergencia, identificación del sistema, canal auxiliar.

La capa de transmisión tiene por función adaptar las señales digitales provenientes del multiplexor al medio de transmisión. Adicionalmente, provee robustez a la señal de transmisión, protegiéndola de ruidos, interferencias, desvanecimientos, entre otros. Es responsable de la amplificación y conversión de la frecuencia de la señal modulada. En esta capa se pueden presentar dificultades en lo referente a la amplificación de la señal, debido a la alta relación entre potencia de pico y potencia promedio, que puede llevar a los amplificadores a saturación, elevando la tasa de errores en el receptor, además de aumentar la emisión de espurias fuera de banda.

Los parámetros básicos de transmisión son:

Modulación BST-OFDM en 13 segmentos de 6/14 MHz (aproximadamente 430kHz).

Capas de modulación jerárquica: 3

Modos de operación: 3

Intervalo de guarda: 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32

Número de símbolos por cuadro: 204

Interleaving de tiempo: 0, 0.125, 0.25 y 0.5 seg.

Interleaving de frecuencia.

FEC: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8

Reed Solomon (204, 188)

A la salida del transmisor y antes de que las señales de TDT sean enviadas al sistema irradiante, estas han de ser filtradas, en cumplimiento de la norma ABNT-NBR-15601, la cual indica que “el nivel del espectro, fuera de la banda, asignado para la transmisión de la señal de televisión, se debe reducir obligatoriamente, aplicándose el filtro adecuado”. Asimismo, la norma establece la respuesta en frecuencia que han de tener los filtros a aplicar a la señal, dependiendo de factores como:

La potencia a radiar.

La adyacencia o proximidad de otros canales de radiodifusión.

La proximidad de otras estaciones.

Por lo cual se define la máscara de filtrado, conforme la siguiente clasificación: i) Máscara Crítica, ii) Máscara Subcrítica y iii) Máscara No-crítica. En la figura 3.4 se muestra el espectro de transmisión de las máscaras de filtrado.

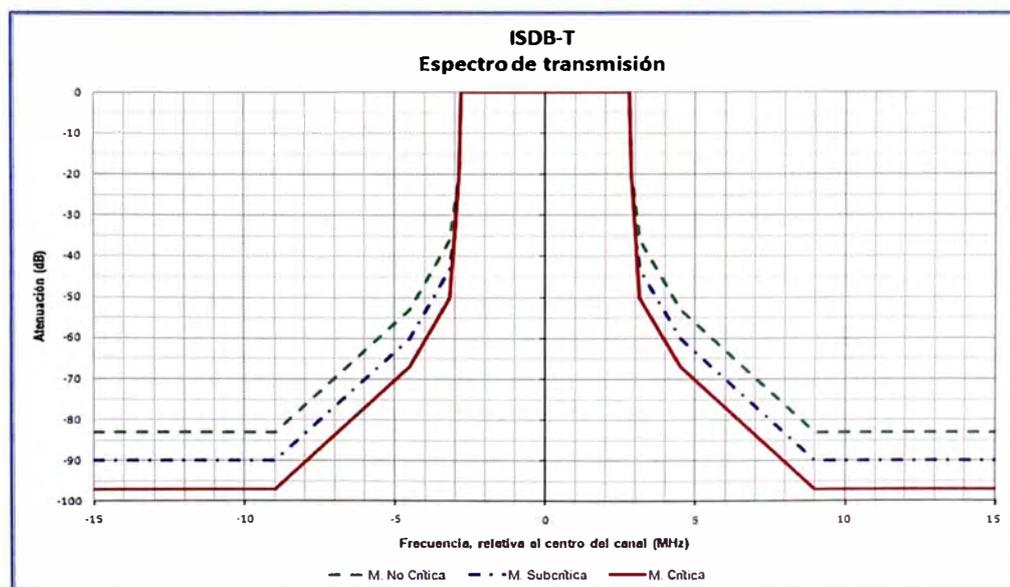


Fig.3.4 Espectro de transmisión de máscara de filtrado (Fuente: Norma ABNT-NBR-15601)

Para la verificación de la máscara de filtrado, se recomienda las condiciones de medición señaladas en la TABLA N° 3.1, las cuales deben ser configuradas en un analizador de espectros.

TABLA N° 3.1 Condiciones de medición de máscara de filtrado (Fuente: RYMSA)

Frecuencia central	Span	RBW	VBW	Modo de detección
Frecuencia central de la portadora modulada	20MHz	10kHz	300Hz o menos	Detección de pico positivo

Finalmente, la señal es transmitida por el sistema irradiante, que está conformado por un conjunto de antenas, configuradas siguiendo una distribución y orientación específica, que dependerá de la ubicación de la planta transmisora de la estación y de la zona a la cual se pretende brindar el servicio de radiodifusión por televisión.

Tradicionalmente, para la transmisión de la señal de televisión analógica se empleaba polarización horizontal, sin embargo para la transmisión de la señal de TDT se abrió la discusión sobre que tipo de polarización (vertical, horizontal, circular o elíptica) sería la más adecuada para el sistema irradiante, debido a los distintos escenarios posibles de recepción (fijo, móvil y portátil).

Al respecto, la empresa RYMSA ha realizado el estudio correspondiente, obteniendo los resultados que se muestran en la figura 3.5.

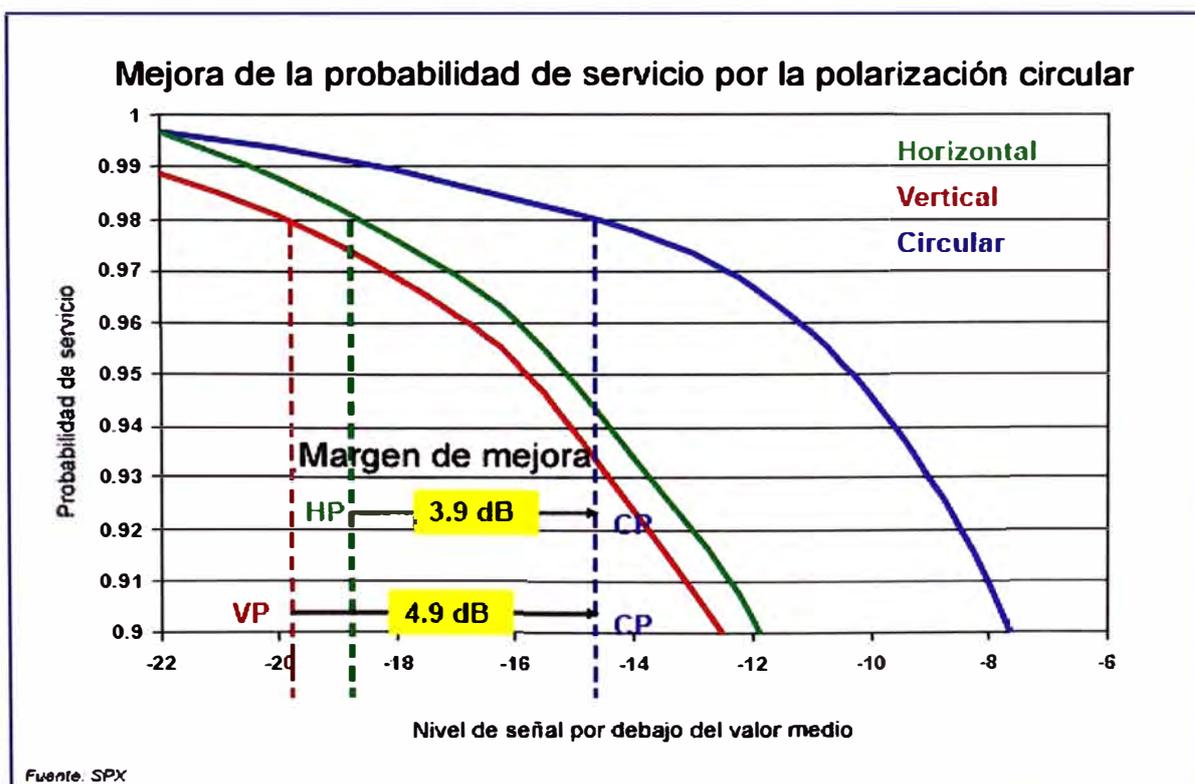


Fig.3.5 Mejora de la probabilidad de servicio por la polarización circular (Fuente: RYMSA)

Del gráfico se tiene que la polarización circular es más robusta a la relación S/N, en 5dB respecto a la polarización vertical y 4dB respecto a la polarización horizontal. Asimismo, de la evaluación realizada se pudo determinar que cuando la señal emitida está linealmente polarizada y la antena receptora no está alineada, su recepción puede ser nula, además la polarización vertical es más sensible a los obstáculos, y si hay multitrayecto (producido por el rebote de la señal en obstáculos) con señales linealmente polarizadas, al estar el vector campo eléctrico confinado a un eje se puede originar señales que se sumen en contrafase en el receptor, dando lugar a una recepción nula.

A consecuencia de estos resultados, surgió la incógnita si la polarización elíptica es mejor que la circular, y de ser así, cual deberían ser los porcentajes más adecuados para cada componente. Es así que de la evaluación realizada se obtuvieron los resultados graficados en la figura 3.6.

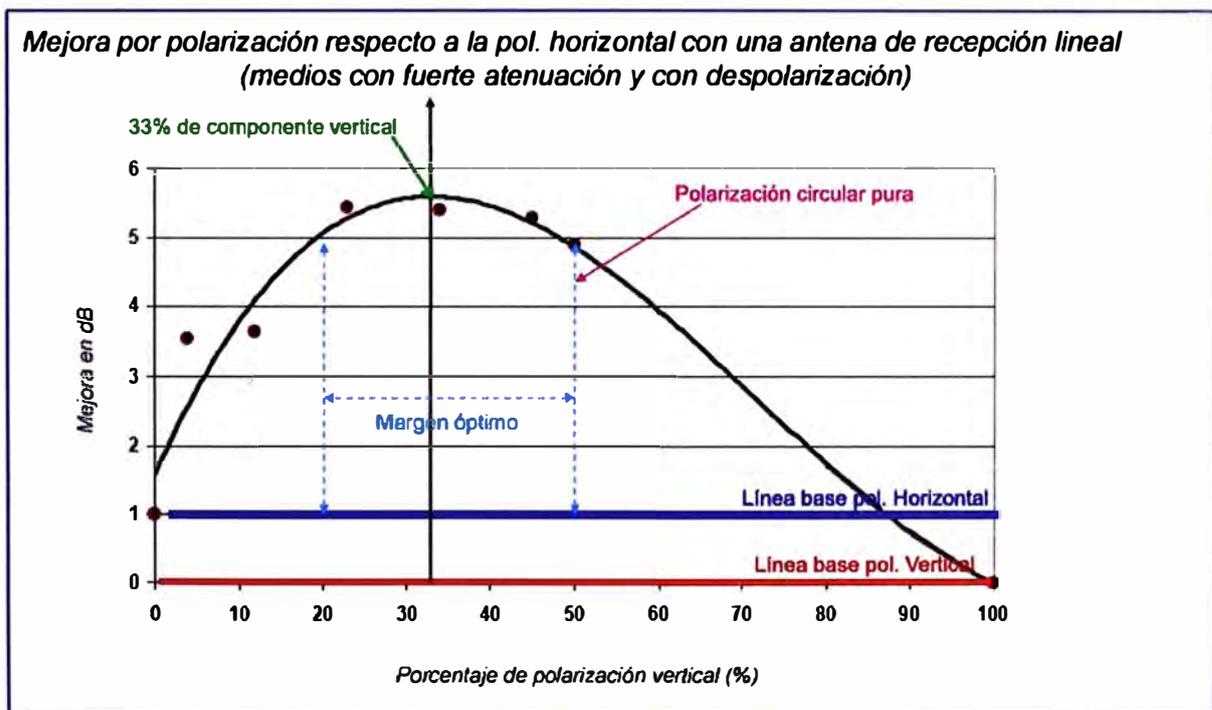


Fig.3.6 Mejora por polarización respecto a la polarización horizontal con una antena de recepción lineal (Fuente: RYMSA – Sistemas Radiantes en UHF para TDT)

De la figura 3.5 se tiene que:

- La polarización circular pura es mejor en 5dB que la polarización vertical y 4dB mejor que la polarización horizontal
- Disminuyendo la componente vertical de un 50% a un 33% se consigue mejorar cerca de 0.5dB más.
- Un 67% de componente horizontal y un 33% de componente vertical significa el doble de potencia en la componente horizontal que en la vertical ($PH = PV + 3dB$).

A modo de conclusión podemos afirmar que el sistema irradiante de polarización circular/elíptica es más conveniente para transmitir señales de TDT, debido a que durante la transmisión se generan rebotes de la señal, denominado multitrayecto. Estos rebotes no anulan las componentes de polarización en el receptor, lográndose que siempre haya señal debido a la permanente rotación del vector de campo eléctrico, es decir se tiene una señal más robusta.

3.2.3 Infraestructura de una estación de TDT basada en el estándar ISDB-Tb

Para la implementación de la estación de Televisión Digital Terrestre se va a considerar como referencia los equipos donados por el gobierno de Japón, en el marco del "Proyecto Piloto del Sistema de Transmisión de Televisión Digital Terrestre ISDB-T en la República del Perú". Asimismo, adicionalmente a los equipos de estudios, planta transmisora y sistema irradiante, para este caso, es necesario el uso de un enlace microondas entre los estudios (L.O.: $77^{\circ} 01' 50.8''$ y L.S.: $12^{\circ} 04' 27.5''$) y la planta transmisora (L.O.: $77^{\circ} 01' 28.9''$ y L.S.: $12^{\circ} 11' 0.8''$), porque están ubicadas a una distancia aproximada de 12.1km, según se muestra en la figura 3.7.

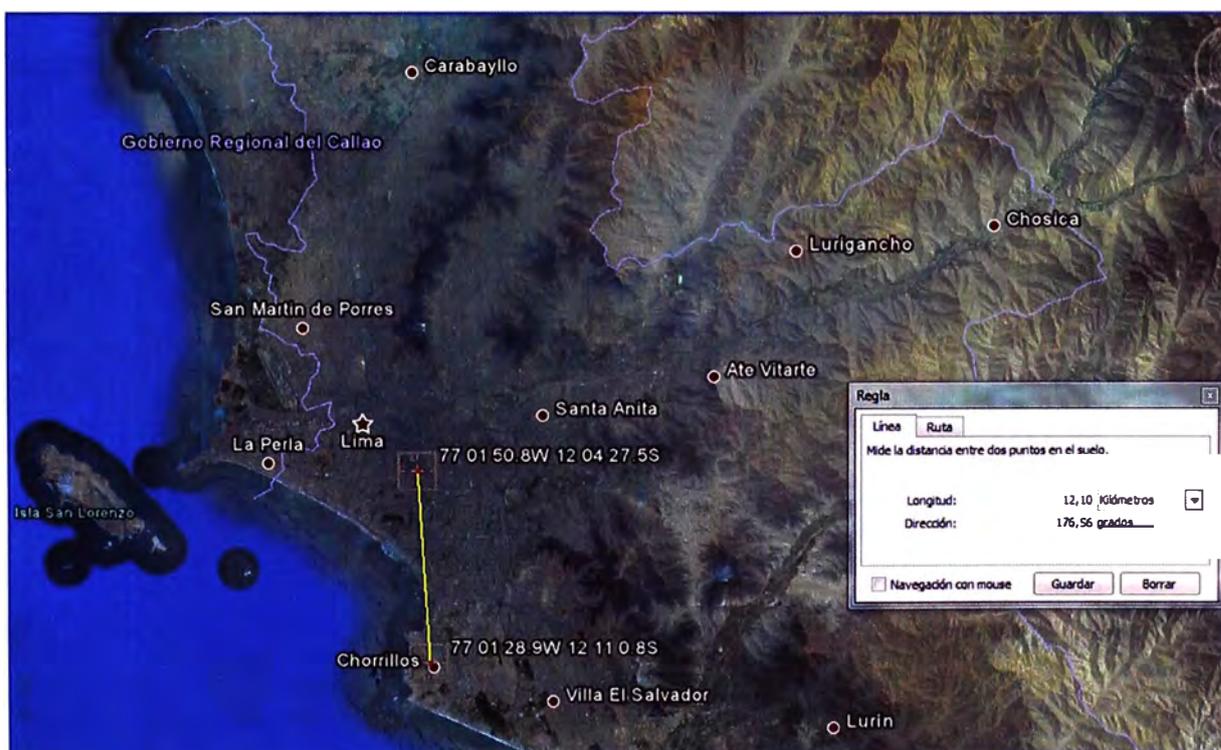


Fig.3.7 Ubicación y distancia entre los estudios y la planta transmisora de la estación del IRTP (Fuente: Propia)

a) Infraestructura de los estudios

El Sistema de Control Maestro HDTV esta conformado por los equipos que se muestran en la TABLA N° 3.2.

TABLA N° 3.2 Equipos que conforman el Sistema de Control Maestro HDTV (Fuente: IRTP, MTC)

Ítem	Descripción	Marca	Modelo
1	1 Switcher Maestro HD		
	1 Switcher Maestro HD 16 HD/SD-SDI Entradas y 4 Entradas de llave	MA-3300HD	NEC
	3 Monitores Multi Formato	LMD-1750W	Sony
	1 Monitor de Audio	SP102D	Cosmic
	1 Multi-Cámara	DV700HD-MIt	NEC
2	4 Up Converter (Conversor de Transmisión)	UC700AV	NEC
3	1 Generador de Hora y Registro	IconLogo	Harris
4	1 Generador de Caracteres HD	TitleOne	Harris
5	1 Sistema de Cámaras HD		
	3 Videocámara HDVHD	HVR-77N	Sony
	1 Estación de Trabajo de Edición	VEGAS Pro	Sony
	2 Grabadores HDV HD	HVR-1,500A	Sony
	2 Monitores Multi Formato	LMD-1750W	Sony

En la figura 3.8 se tiene una muestra fotográfica de la Sala de Control Maestro implementado en el IRTP.



Fig.3.8 Sala de Control Maestro, Instalaciones de IRTP (Fuente: IRTP)

El Monitor SDI (Serial Digital Interface) corresponde a la interfaz de alta capacidad para trabajar con vídeo digital sin comprimir y en tiempo real. El Monitor SDI implementado para el IRTP esta conformado por los equipos que se muestran en la TABLA N° 3.3.

TABLA N° 3.3 Equipos que conforman el Monitor SDI (Fuente: IRTP, MTC)

Ítem	Descripción	Marca	Modelo
1	1 Monitor Multi Formato (17 pulgadas)	LMD-1750W	Sony
2	1 Monitor SD (Definición Estándar)	LMD-1420	Sony
3	1 Monitor de Audio Interlocutores de audio con sonido integrado (8 canales) y 8 canales de audio LED Salida: 1x HD/SD-SDI salida 1 par de audio análogo de salida (L/R, 600ohms) 1x salida de auriculares estéreo.	SP102D	Cosmic
4	Un monitor Switcher TS (Transport Stream) Entrada SDI 16, producciones 4 SDI	-	-

En la figura 3.9 se tiene una muestra fotográfica de la Sala de monitoreo de la señal.



Fig.3.9 Monitoreo de la señal instalaciones IRTP (Fuente: IRTP)

Asimismo, en la figura 3.10 se tiene una muestra fotográfica de la Isla de edición HD, donde se editan los programas de alta definición (HD) los cuales posteriormente serán emitidos a través de la estación transmisora de televisión digital terrestre de IRTP, ubicada en el cerro Marcavilca.

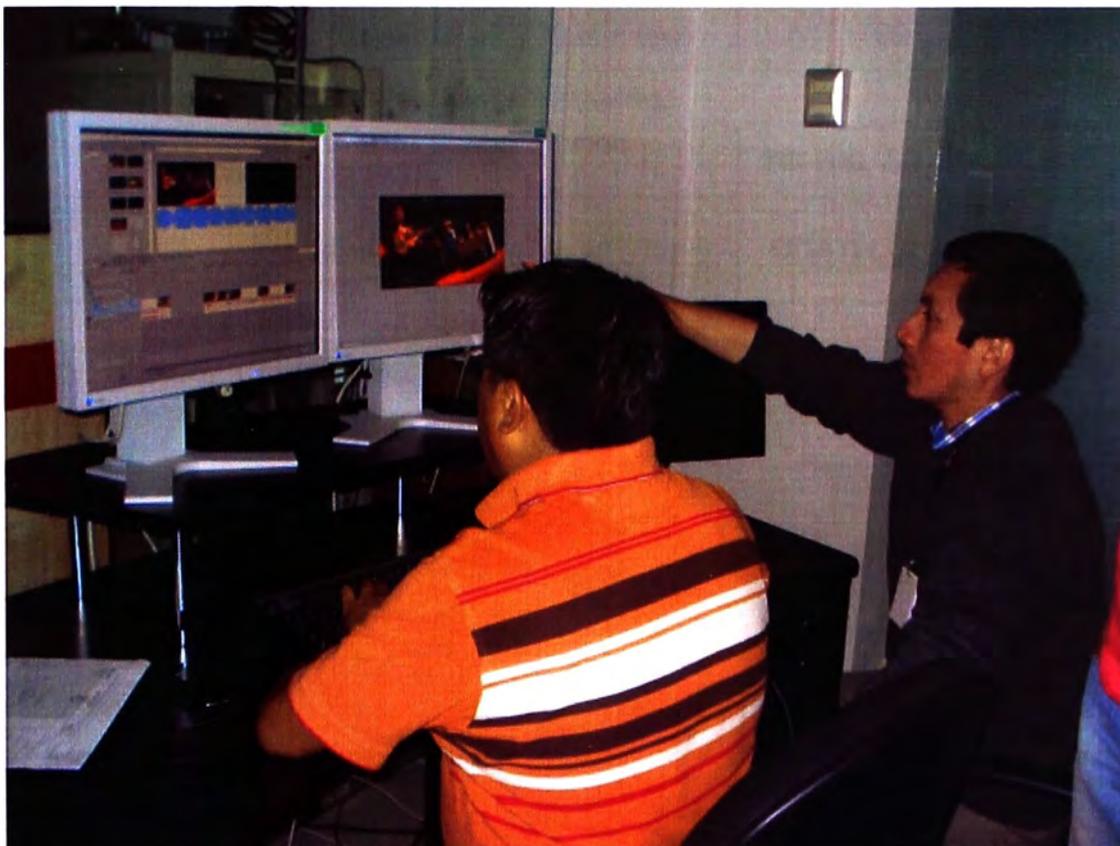


Fig.3.10 Isla de edición HD de IRTP (Fuente: IRTP)

b) Infraestructura de los codificadores y el multiplexador:

El Codificador y Multiplexor ISDB-T esta conformado por los equipos que se muestran en la TABLA N° 3.4.

TABLA N° 3.4 Equipos Codificador y Multiplexor ISDB-T (Fuente: IRTP, MTC)

Ítem	Descripción	Marca	Modelo
1	Codificador HD/SD	VC-7301	NEC
2	Codificador 1seg	VC-7010	NEC
3	Multiplexor		
	Multiplexor (Entradas B, tipo PS doble)	MX-1500	NEC
	MCT	FC-28V	NEC
	HUB	LGB324A-R2	Black Box
4	Decodificador de 1 seg	VD-7G10	NEC
5	Decodificador HD/SD	VD-7300	NEC

Ítem	Descripción	Marca	Modelo
6	Receptor GPS		
	Receptor GPS (Cable/antena GPS doble)	EC225	Sprectracom
	VDA (Marco multifuncional MF730 Montado)	VDA700	NEC
7	Generador de Señal de Sincronización		
	Generador de Señal de Sincronización Cable/antena GPS doble	TG-700, AGL	Tektronix
	DDA Amplificador de distribución digital, MF730 montado, Marco multifuncional	DDA700MF	NEC

En la figura 3.11 se tiene una muestra fotográfica de los equipos codificadores y multiplexor.



Fig.3.11 Equipos codificadores y multiplexor, instalaciones de IRTP (Fuente: IRTP)

c) Infraestructura de la planta transmisora:

Los equipos donados para la implementación de la planta transmisora para el servicio de radiodifusión por TDT son aquellos que se muestran en la TABLA N° 3.5.

Asimismo, se muestra en las figuras 3.12 y 3.13 muestras fotográficas de dicho equipamiento.

TABLA N° 3.5 Equipos Transmisor ISDB-T (Fuente: IRTP, MTC)

Ítem	Descripción	Marca	Modelo
1	Transmisor de TV (3KW promedio, IM -43dB o más)	NEC	DTU-51/5ROSQ
2	Filtro Pasabanda	NEC	-
3	Carga Simulada	Bird	8927D
4	Cable RF Incluye Panel UU-LINK	NEC	



Fig.3.12 Equipo Transmisor ISDB-T en Cerro Marcavilca (Fuente: IRTP)

Cabe señalar que el Transmisor de TV ISDB-T, de marca NEC, modelo DTU-51/5ROSQ incorpora los subsistemas Modulador, Excitador y Amplificador de Potencia (Power Amplifier).

d) Infraestructura del enlace microondas

Los equipos donados para el enlace microondas se muestran en la TABLA N° 3.6. Dichos equipos son los que se utilizan para el enlace entre los estudios de IRTP (ubicados en Santa Beatriz) y la planta transmisora (ubicada en el cerro Marcavilca).



Fig.3.13 Ambiente del transmisor, filtro pasa banda, conmutador coaxial y carga fantasma (Fuente: IRTP)

TABLA N° 3.6 Equipos para enlace microondas (Fuente: IRTP, MTC)

Ítem	Descripción	Marca	Modelo
1	Antena Parabólica (TX&RX)	RFS	SU4-107BB
2	Microonda Link (TX&RX)	NEC	Pasolink NEO
3	Convertidor de Red	Net Insight	Nimbra 360
4	2 Cables	NEC	-

e) Infraestructura del Sistema irradiante

El sistema de irradiante está conformado por 24 antenas tipo panel, distribuidas en dos direcciones de radiación, de 12 antenas cada uno, orientadas a 0° y a 100°, cuya ganancia es de 17.96dBd. La TABLA N° 3.7 detalla el equipamiento instalado.

TABLA N° 3.7 Equipos del sistema irradiante (Fuente: IRTP, MTC)

Ítem	Descripción	Marca	Modelo
1	Antena de Transmisión, Sistema de antenas 12 x 2	RFS	PHP24U21
2	Cable Coaxial	RFS	-
3	Deshidratador	RFS	APD-20

En la figura 3.14 se muestra una toma fotográfica del sistema irradiante implementado para el IRTP.

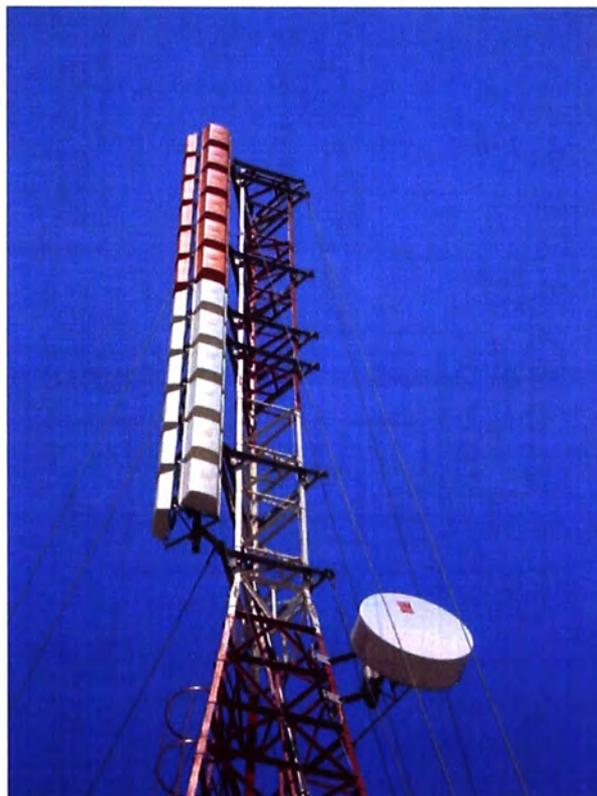


Fig.3.14 Sistema Irradiante de TDT, instalaciones de IRTP Cerro Marcavilca, Chorrillos
(Fuente: IRTP)

En la figura 3.15 se muestra el patrón de radiación del sistema irradiante implementado.

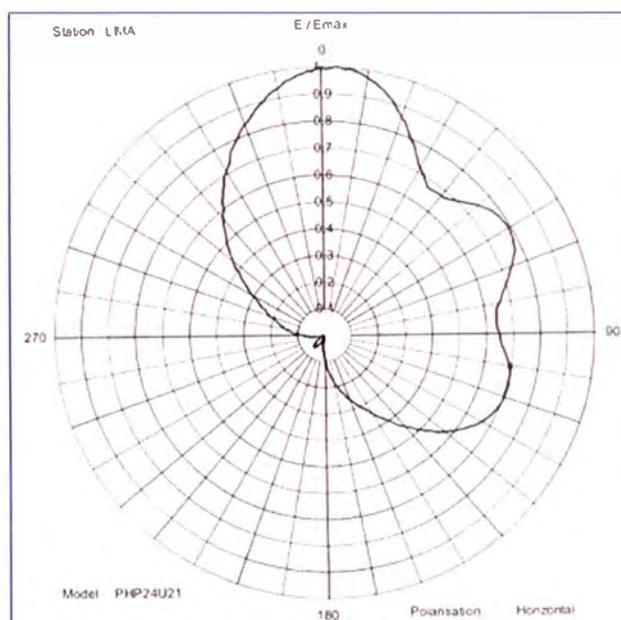


Fig.3.15 Patrón de radiación del Sistema Irradiante (Fuente: IRTP)

En la figura 3.16 se muestra el diagrama de bloques del conexionado de los equipos que se utilizaron para implementar el sistema de TDT en IRTP.

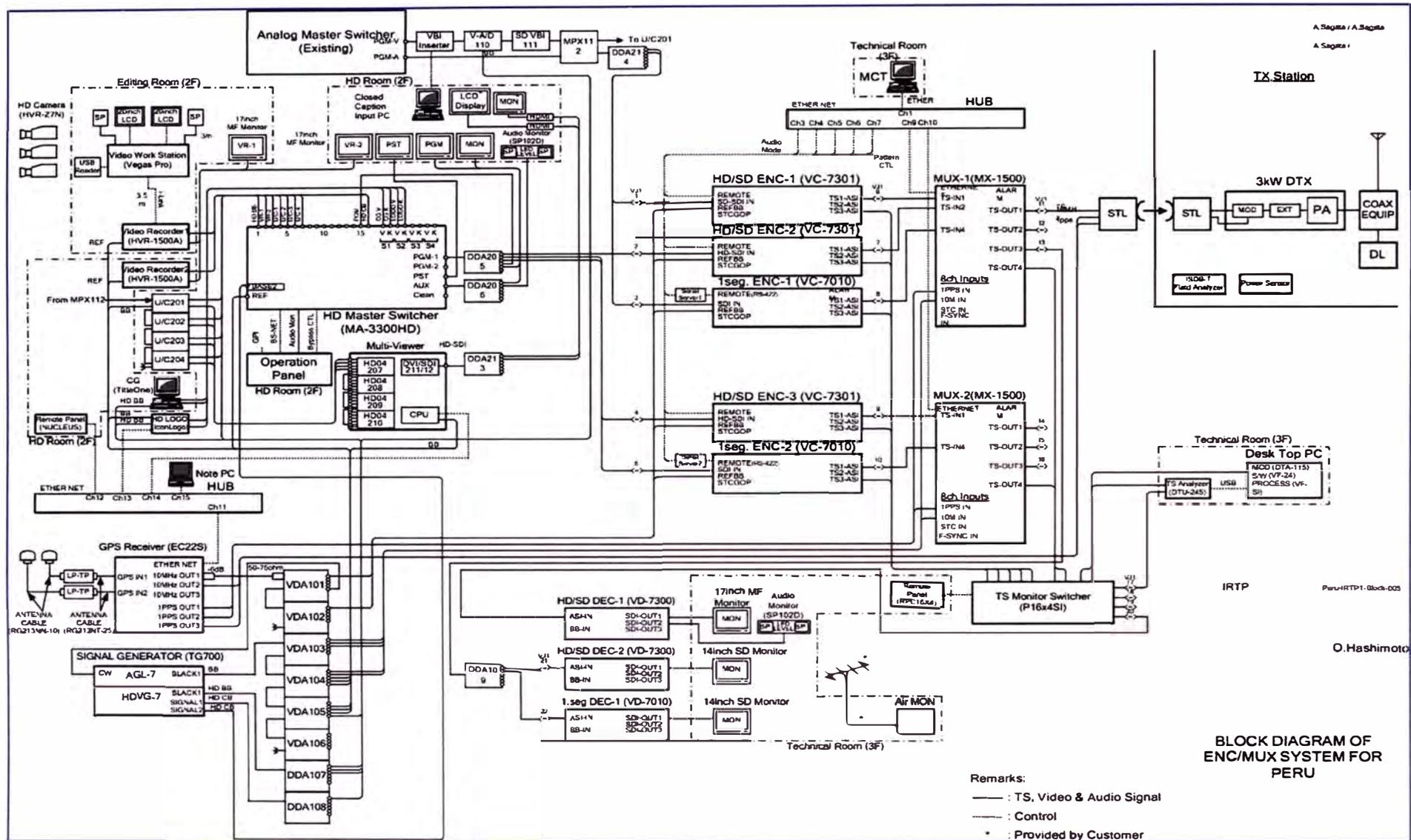


Fig.3.16 Diagrama de conexión de equipos (Fuente: IRTP, MTC)

3.2.4 Análisis de cobertura de la señal TDT del IRTP

Para el análisis de la cobertura de la señal de TDT en la banda de UHF – Canal 16, de la estación de IRTP en Lima Metropolitana (emitidas desde el Morro Solar – Chorrillos), se realizaron mediciones de intensidad de campo eléctrico, desde el 25 de mayo al 04 de junio de 2010, en 38 distritos (123 puntos), con el fin de determinar la zona de servicio con la nueva señal de TDT. Cabe precisar que los puntos de medición elegidos, son los mismos que se tomaron como referencia para el cálculo de la cobertura de la señal de televisión analógica.

Estas mediciones de campo, también permitieron identificar los lugares que presentan problemas de recepción, y las posibles alternativas de solución a las mismas.

Los datos generales de la planta transmisora de la estación son los siguientes:

- Ubicación: Cerro Marcavilca - Chorrillos
 Altitud: 253 m.s.n.m.
 Altura de Torre: 40 mts
 Altura de Centro de Radiación: 288 m.s.n.m.
 Coordenadas: 77° 01' 28.9" O, 12° 11' 0.8" S
- Características del transmisor:
 Estándar: ISDB-Tb
 Marca: NEC
 Potencia: 3.4kW
 Canal 16: 482 – 488MHz
 Frecuencia central: 485 + 1/7 MHz
- Tipo de máscara: Máscara crítica
- Características del sistema irradiante:
 Marca: RFS
 Numero: 24 Paneles.
 Configuración: Arreglo en 02 direcciones de radiación (12 Paneles a 0° y 12 Paneles a 100°).
 Ganancia de sistema, 17.96dBd
- Máxima e.r.p.: 175kW
- Configuración de las capas de transmisión:
 Capa A: Modulación: QPSK
 FEC: 2/3
 Asignación de Segmento: 01
 Servicio: ONE SEG
 Capa B: Modulación: 64QAM

FEC: 3/4

Asignación de Segmentos: 12

Servicios: SD y HD

Bit rate: HD: 11.9 Mbps

SD: 4.1 Mbps

ONE SEG: 369 Kbps

Las pruebas de campo fueron realizado por personal de la división de mantenimiento técnico del IRTP, contando con el apoyo de personal técnico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Los equipos empleados fueron:

- Para las mediciones de intensidad de campo y MER
Analizador de espectro para radiodifusión digital, marca ANRITSU, modelo MS8911B.
Antena Yagui UHF de 9dBd de ganancia.
- Para la evaluación de la señal de audio y video.
Receptor TV LCD con Set Top Box
Dispositivo receptor portátil OneSeg, sensibilidad de recepción de -92dBm.
Antena Yagui UHF de 9dBd de ganancia (la misma antena empleada para las mediciones de intensidad de campo y MER)

Las pruebas de campo consistieron básicamente en medir la intensidad del campo eléctrico y MER de la señal digital en cada uno de los 123 puntos seleccionados. Asimismo, en cada punto también se evaluó la imagen y el sonido de la señal, en recepción fija y portátil.

Para la medición de la intensidad de campo y MER se instaló la antena Yagui UHF a una altura de 4m sobre el nivel del suelo, montada en un trípode en polarización horizontal, registrándose una muestra única por cada punto de medición.

Para la evaluación de la señal de audio y video, de HD y SD, en recepción fija, se empleó la misma antena Yagui UHF, conectada al receptor digital, que a su vez fue conectado al televisor LCD. En cada punto de prueba, se tomó en cuenta los valores de intensidad de campo y MER, con el objetivo de contrastar los valores obtenidos y la calidad de la señal de audio y video recibida.

Para la evaluación de la señal one-seg, se empleó un dispositivo portátil, cuya sensibilidad de recepción fue de -92dBm.

En ese sentido, para determinar la cobertura de la señal de TDT se consideró la evaluación de imagen y sonido obtenidos en el monitor LCD, en HD y SD, y en el dispositivo portátil. Además, se verificó que la evaluación de la señal realizada guardaba

relación con los valores de intensidad de campo eléctrico y MER obtenidos en cada punto, verificándose que para valores de MER mayores o iguales a 18dB y valores de intensidad de campo mayores a 64dBuV/m se garantiza una buena recepción de la señal digital en HD, SD y One-seg.

En el ANEXO A se muestra la ubicación y el detalle de los puntos seleccionados para el análisis de cobertura, el tipo de señal recibida, y los valores de intensidad de campo y MER obtenidos.

3.2.5 Pruebas para mejorar la cobertura de la señal de TDT del IRTP

Con el objetivo de mejorar la cobertura de la señal de TDT del IRTP, transmitida desde el Cerro Marcavilca – Chorrillos, se realizaron pruebas de operación de una estación retransmisora de baja potencia (Gap Filler) ubicada en el Cerro Shangrila – Comas, y medición de intensidad del campo eléctrico y MER, los días 22, 23 y 24 de noviembre del 2010, en seis (6) puntos de evaluación específicos, a fin de determinar si esta ubicación es la más apropiada para instalar una estación de retransmisión que mejore el servicio en la zona de sombra producida por el cerro Shangrila, evaluar los posibles problemas que se puedan suscitar en la operación de los equipos y la mejora en la cobertura de la señal principal.

Los equipos fueron instalados en la caseta donde IRTP tiene ubicado su retransmisor analógico. La figura 3.17 muestra el diagrama de los equipos instalados. Las características de los equipos instalados en la estación retransmisora son:

- Ubicación: Cerro Shangrila - Comas
 Altitud: 186 m.s.n.m.
 Coordenadas: 77° 04' 18.74" O, 11° 54' 22.89" S
- Características del retransmisor (Gap Filler):
 Potencia: 100W
 Canal 16: 482 – 488MHz
- Características de las antenas:
 Recepción: Antena yagui UHF 14dB de ganancia
 Transmisión: 2 Antena tipo panel de 11dB de ganancia,
 Configuración: 1 bay, 2 direcciones (uno hacia Retablo y el otro hacia Hospital Collique).

Las antenas tipo panel se instalaron de tal manera que una de ellas apuntaba en dirección a la zona de Retablo, a fin de poder evaluar la zona en que se obtiene señal del Morro Solar y del gap filler que se instale; mientras que la otra apuntaba hacia el Hospital

Collique, para evaluar la cobertura ampliada en la zona donde no se tiene señal proveniente del Morro Solar. El patrón de radiación de la antena panel y la ubicación de los equipos en el Cerro Shagrilla se muestra en la figura 3.18.

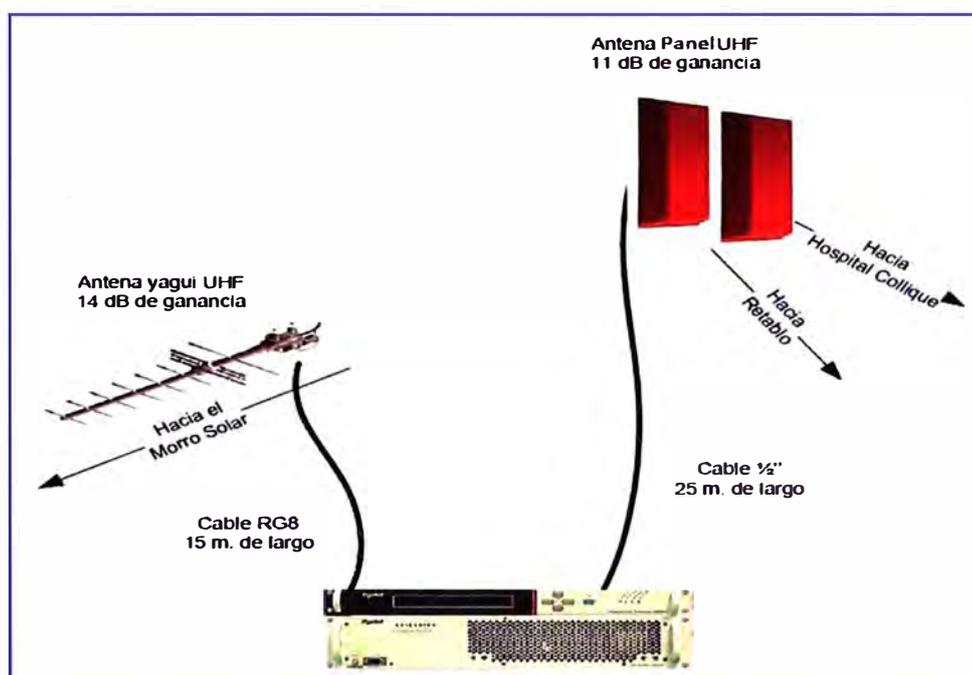


Fig. 3.17 Diagrama de Equipos instalados en el Cerro Shangrilla (Fuente: Pruebas de Instalación, empresa Conexión Total S.A.C)

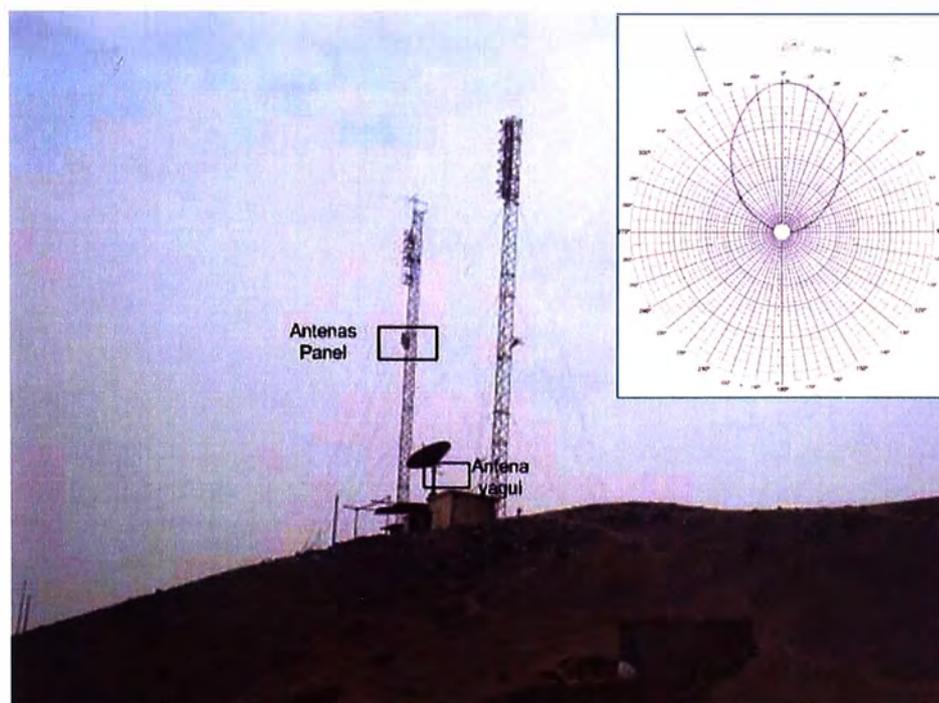


Fig.3.18 Patrón de radiación de antena panel y ubicación de los equipos en el Cerro Shangrilla (Fuente: Pruebas de instalación, empresa Conexión Total S.A.C.)

Las pruebas de campo fueron realizadas por personal de la empresa Conexión Total S.A.C., quienes proporcionaron el equipo retransmisor (gap filler), empresa LAPROTEL, quienes proporcionaron la antena, personal del IRTP, y apoyo de personal

técnico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el asesor designado por el gobierno japonés para la instalación de la TDT en el Perú, Ing. Yasuji Sakaguchi.

La intensidad de campo y MER fueron medidas con un analizador de espectros marca Anritsu, modelo MS2721B y una antena yagui de 14dB de ganancia calibrada para el canal 16. Las pruebas de campo consistieron en medir la intensidad del campo eléctrico y MER de la señal digital en cada uno de los seis puntos seleccionados. La ubicación de dichos puntos se muestra en la TABLA N° 3.8.

TABLA N° 3.8 Puntos de medición de cobertura de estación retransmisora cerro Shangrila (Fuente: Pruebas de Instalación, empresa Conexión Total S.A.C)

Ítem	Punto de Medición	Ubicación (Lat)	Ubicación (Lon)
1	Oficinas LAPROTEL	11° 57' 35.26"	77° 04' 13.06"
2	Hospital Collique	11° 54' 51.70"	77° 02' 23.30"
3	Parque Zonal Sinchi Roca	11° 55' 09.90"	77° 03' 02.70"
4	Zona de Retablo	11° 56' 13.10"	77° 03' 36.60"
5	Zona de Naranjal	11° 58' 36.30"	77° 03' 43.70"
6	Zona Porras Barnechea	11° 53' 32.50"	77° 01' 26.50"

En la figura 3.19 se puede observar la ubicación del cerro Shangrila y los puntos donde se hicieron las pruebas. Para estimar los resultados, se realizó la simulación de la cobertura teórica obtenida al instalar un repetidor de 100W.

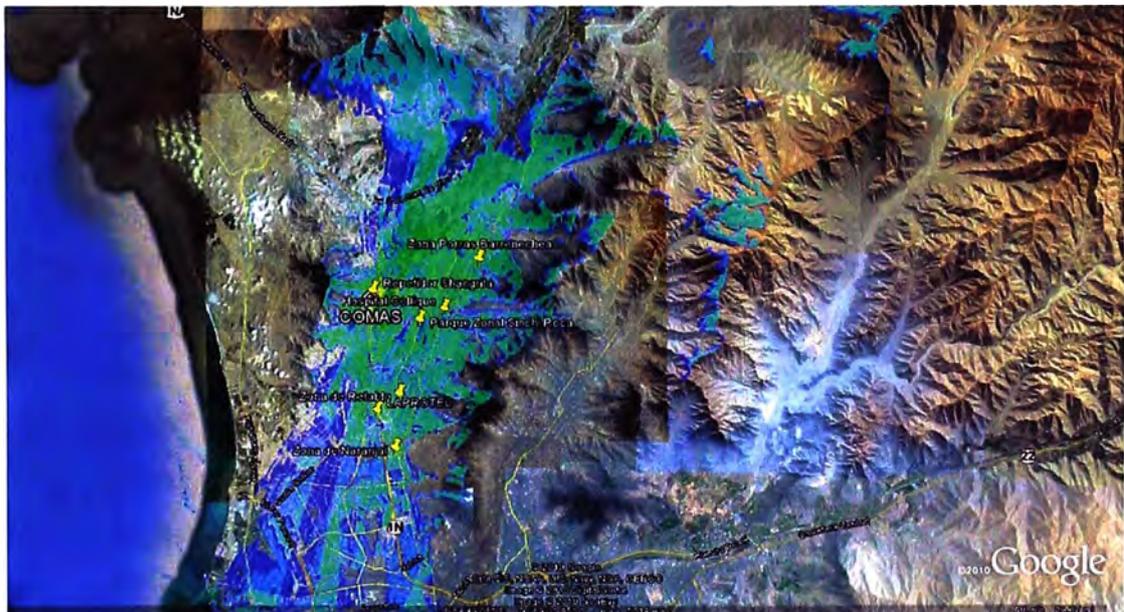


Fig.3.19 Puntos de medición de la señal de TDT de repetidora de IRTP – Canal 16, cerro Shangrilla (Fuente: Pruebas de instalación, empresa Conexión Total S.A.C.)

Adicionalmente con ayuda de un monitor, un receptor compatible con el estándar ISDB-Tb (set top box) y una antena dipolo, se evaluó la recepción de la imagen y sonido en cada uno de los seis puntos evaluados.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, ESTIMACIÓN DE COSTOS Y TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se analizan y se presentan los resultados obtenidos, y se muestra como gestionar el proyecto para implementar una estación para el servicio de radiodifusión por televisión digital terrestre y una estación retransmisora de baja potencia. Además se detallan los tiempos estimados de implementación de una estación, señalándose las actividades principales, así como el presupuesto que implica la implementación de la misma.

4.1 Análisis y presentación de resultados

Realizada la implementación de la estación de radiodifusión por televisión digital terrestre, ubicada en el cerro Marcavilca, distrito de Chorrillos, con las características técnicas precisadas en el numeral 3.2.4, se realizó las pruebas de campo en 123 puntos, los que se detallan en el Anexo A, a fin de determinar el área de cobertura de la estación e identificar las zonas donde no es posible recibir la señal de televisión para la localidad de Lima, obteniéndose los resultados que se muestran en la *figura 4.1.*

Los resultados obtenidos, nos permiten afirmar que existen zonas con buena recepción y zonas con dificultad de recepción:

- Zonas con buena recepción HD, SD y One-seg:
La Punta, Callao, Jesús María, Miraflores, Rímac, Lima Cercado, San Juan de Lurigancho, San Juan de Miraflores, Villa María del Triunfo, Chorrillos, Villa el Salvador, Pachacamac, Lurín, San Bartolo, Santa María, Pucusana y San Isidro.
- Zonas con dificultad de recepción:
Zona Norte: Los Olivos, San Martín de Porres e Independencia, existe dificultad de recepción en portabilidad (One-seg).
En ciertas zonas de los distritos de Carabaylo y Comas, existe problema de recepción fija (SD y HD) y portabilidad.
Zona Nor Este: Ate (Santa Clara, Horacio Zevallos y Huaycan), Chaclacayo, Chosica, Santa Eulalia, Ricardo Palma y Cupichi, no se recibe ningún servicio.

En las zonas de la Molina, Manchay, Musa y Cieneguilla, también hay dificultad de recepción.

En parte de la Zona de Lurigancho y Jicamarca y parte de Ate (Separadora industrial cuadra 40 y Carretera central km 7.5) se receptiona los tres servicios, cosa que no sucedía con la señal analógica

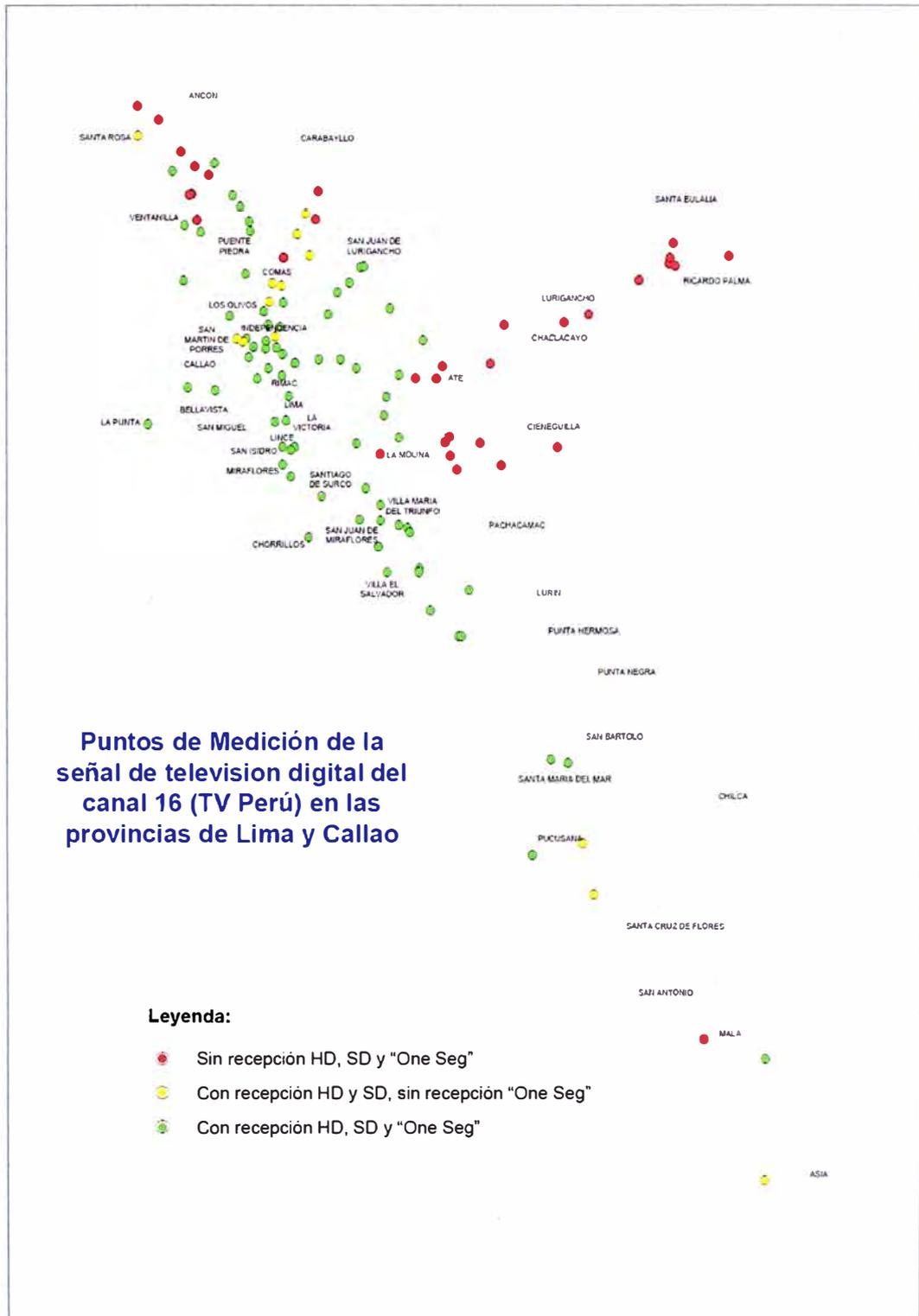


Fig.4.1. Puntos de medición de la señal de TDT de IRTP – Canal 16 (Fuente: MTC)

Zona Sur Este: Mala, Chilca y Asia, existe dificultad en la recepción de los tres servicios.

Zona Nor Oeste: Ancón, Puente Piedra y Ventanilla (Alta y Mi Perú), existe mayor dificultad de recepción de los tres servicios debido a mayor problema por obstáculos y depresión geográfica.

En la zona de Ventanilla (Pachacutec), La Punta y parte del Callao constituyen una zona bastante favorecida por su ubicación y disposición geográfica con respecto al Morro (punto de transmisión), pues en estos lugares se obtuvo altos valores de intensidad de campo y MER.

Complementariamente a lo señalado, se pudo verificar que las zonas que presentan dificultad para la recepción de la señal de TDT, también lo presentan para la recepción de la señal de televisión analógica, a excepción del distrito de San Juan de Lurigancho.

Para mejorar la cobertura obtenida en las pruebas de campo, se recomienda:

Elevar la potencia del transmisor a 4kW, a fin de operar con los 240kW de e.r.p. autorizado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para la localidad de Lima.

En las zonas críticas, emplear antenas aéreas, tipo dipolos o directivas en la banda de UHF, para recepcionar fija la señal de TDT. De ser necesario estas antenas pueden operar con un booster, a fin de amplificar la señal recibida.

En las "zonas de sombra", producidas por obstáculos geográficos, realizar evaluaciones puntuales a fin de determinar la mejor ubicación posible para instalar una estación repetidora isofrecuencia (SFN).

En ese sentido, se recomienda considerar la instalación de estaciones retransmisoras en:

- Zona Norte:
 - Comas, cerro Shangrilla, para mejorar la cobertura en Carabaylo, Puente Piedra, Independencia, Los Olivos y Comas.
- Zona Nor Este:
 - Chosica, en Cerro California para dar servicio en Ricardo Palma y Chosica, y en Cerro de la Universidad Unión para dar servicio a Chachacayo, Huaycán, Horacio Zavallos, y Santa Clara.
 - La Molina, en Cerro Huaquerone, para dar servicio en Musa, La Molina y Manchay.
 - Cieneguilla, para dar servicio en Cieneguilla
- Zona Sur Este:

Pucusana, para dar servicio en Naplo y Pucusana.

Mala, para dar servicio en Chilca, Asia y Mala.

o Zona Nor Oeste:

Ventanilla, en el Cerro Los Perros, para dar servicio a Ventanilla Alta, Mi Perú y Pachacutec.

Ancón, para dar servicio en Santa Rosa y Ancón.

Con el objetivo de mejorar el área de cobertura obtenida para la estación principal ubicada en el cerro Marcavilca, se analizó la instalación de una estación retransmisora de baja potencia en el cerro Shangrila, con las características precisadas en el numeral 3.2.5, para dar servicio a la zona norte, que comprenden los distritos de Comas, y Carabaylo.

Para poder realizar una comparación sobre la mejora que se obtendría de instalar la estación repetidora, se realizaron mediciones del MER, de la intensidad del campo eléctrico y de la potencia, antes de instalar el gap filler, obteniéndose los resultados que se muestran en la TABLA N° 4.1.

De los valores obtenidos se puede deducir que la zona de frontera de la cobertura del transmisor principal del Morro Solar es entre la zona de Retablo y el Parque Zonal Sinchi Roca.

TABLA N° 4.1 Resultados obtenidos previos a la instalación de estación retransmisora cerro Shangrila (Fuente: Pruebas de Instalación, empresa Conexión Total S.A.C)

Ítem	Punto de Medición	MER (dB)	Intensidad de campo (dBuV/m)	POTENCIA (dBm)
1	Oficinas LAPROTEL	31	77	-63
2	Hospital Collique	13.4	62	-77
3	Parque Zonal Sinchi Roca	22.3	67	-73
4	Zona de Retablo	29.5	74	-66
5	Zona de Naranjal	32.2	77	-62
6	Zona Porras Barnechea	No se tomaron datos		

Una vez instalados los equipos en la estación retransmisora, se realizaron pruebas de la recepción de la señal proveniente del Morro Solar en el cerro Shangrilla, obteniendo los siguientes resultados:

- Potencia de entrada al excitador: -42dBm.

- Cancelador de ecos: No se detectó realimentación entre la antena transmisora y la antena receptora.
- Delay de la señal proveniente del Morro Solar y la generada en Shangrila: 8us
- Se pudo verificar que en el cerro Shangrila se tiene una buena recepción de la señal proveniente del Morro Solar.

Habiendo sido instalados los equipos, se efectuaron mediciones en cada uno de los seis puntos seleccionados. Los valores obtenidos para la potencia, intensidad de campo y MER se muestran en la TABLA N° 4.2.

TABLA N° 4.2 Resultados obtenidos posterior a la instalación de estación retransmisora cerro Shangrila (Fuente: Pruebas de Instalación, empresa Conexión Total S.A.C)

Ítem	Punto de Medición	Potencia del gap filler (W)	MER (dB)	Intensidad de campo (dBuV/m)	POTENCIA (dBm)
1	Oficinas LAPROTEL	No se tomaron datos			
2	Hospital Collique	100	33.7	96	-42
		50	30.6	93	-46
		20	29.7	91	-47
3	Parque Zonal Sinchi Roca	No se tomaron datos			
4	Zona de Retablo	100	27.5	83	-57
5	Zona de Naranjal	No se tomaron datos			
6	Zona Porras Barnechea	100	32.2	90.8	-48

De las pruebas de campo realizadas, se puede concluir que:

- Es posible implementar una red SFN para mejorar la cobertura del transmisor principal instalado en el Morro Solar, implementando una estación retransmisora que opera en la misma frecuencia, toda vez que el delay entre las señales provenientes del Morro Solar y del gap filler instalado en el cerro Shangrila es menor al intervalo de guarda de la modulación OFDM (64QAM) en la zona de evaluación.
- En todos los puntos de prueba la recepción de imagen y sonido de la señal en HD, SD y One-seg era muy buena.
- Instalando una estación retransmisora en el cerro Shangrila, utilizando un gap filler de 100W, se da servicio de forma satisfactoria a los distritos de Comas y Carabayllo, donde no es posible recibir la señal del transmisor principal ubicado en el Morro Solar, mejorando de esta manera la cobertura a una población aproximada de 650 mil personas.

4.2 Estimación de tiempo para la implementación del proyecto

Para lograr la implementación de una estación para el servicio de radiodifusión por televisión digital terrestre se deben efectuar las siguientes actividades principales:

- Obtener la autorización otorgada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para operar una estación del servicio de radiodifusión por televisión con tecnología digital
- Elaborar el proyecto técnico, considerando las características técnicas autorizadas y el marco normativo vigente; incluye además realizar los cálculos de cobertura teórico.
- Obtener los permisos y autorizaciones para las obras civiles.
- Adquirir los equipos para la planta transmisora y el sistema irradiante.
- Implementar los estudios, la planta de transmisión y el sistema irradiante.
- Configurar los equipos y realizar pruebas de funcionamiento.
- Realizar pruebas de cobertura.

Cabe precisar que la instalación de estaciones repetidoras de baja potencia para mejorar el área de cobertura de una localidad, hasta el momento no ha sido normado por el MTC, por lo que actualmente sólo se pueden instalar estaciones repetidoras de prueba para analizar las mejoras que se producirían en el área de servicio y las dificultades técnicas que se puedan presentar en la implementación y puesta en operación de los equipos.

4.2.1 Estimación de tiempo para obtener la autorización para operar una estación ISDB-Tb

Conforme se señala en el numeral 3.2.1 del presente informe, existen varias modalidades para obtener la autorización necesaria para operar una estación de radiodifusión por TDT.

Si se cuenta con una autorización vigente para prestar el servicio de radiodifusión por televisión con tecnología analógica, el plazo para esta actividad sería aproximadamente de veinte (20) meses, desde la aprobación del plan de canalización y asignación de frecuencias de la localidad, siempre que oportunamente se haya presentado la expresión de interés correspondiente.

De no contar con una autorización vigente para prestar el servicio por televisión con tecnología analógica, se tendrá que obtener la autorización para el servicio de TDT mediante concurso público que realice el MTC. En este supuesto, tomando como referencia el concurso público N° 01-2011-MTC/28.TDT, para otorgar autorizaciones para el servicio de TDT, el plazo para esta actividad sería aproximadamente de nueve (9)

meses, considerando dos (2) meses para la realización del concurso público y otorgamiento de la buena pro, cuatro (4) meses para la presentación de la solicitud y documentación técnica por cada localidad y tres (3) meses para los procedimientos administrativos referidos al otorgamiento de la autorización.

4.2.2 Estimación de tiempo para la elaboración del proyecto técnico

Esta actividad, conforme a lo señalado en el numeral 3.2.2, corresponde en determinar el equipamiento necesario y las características técnicas del mismo para implementar una estación de radiodifusión por TDT (estudios, planta transmisora y sistema irradiante), además la evaluación debe considerar un enlace microondas cuando los estudios y la planta transmisora se encuentren en ubicaciones diferentes. Conocidas las características técnicas y la ubicación de la planta transmisora y del sistema irradiante, se efectúan los cálculos de cobertura teóricos. Se estima que este grupo de actividades puede durar dos (2) meses en promedio, estando a cargo de ello un ingeniero con experiencia en implementar este tipo de proyectos de telecomunicaciones.

4.2.3 Estimación de tiempo para obtener los permisos y autorizaciones para las obras civiles

Teniendo en cuenta la normativa vigente, para instalar y/o adecuar infraestructuras en general, tales como casetas y torres de transmisión, es necesario tramitar los permisos y autorizaciones para las obras civiles ante las autoridades municipales y/o otras instituciones según corresponda. Se estima que esta actividad puede demorar dos (2) meses en promedio.

4.2.4 Estimación de tiempo para adquirir los equipos para la planta transmisora y el sistema irradiante

Otorgada la autorización por el MTC, y conocidas las características técnicas como frecuencia asignada, potencia de transmisión, tipo de filtro y ganancia del sistema irradiante, se procede a adquirir los equipos de transmisión (transmisor de TV y filtro) así como el sistema irradiante (arreglo de antenas). Cabe señalar que estos equipos se mandan a fabricar y por lo general la fabricación se realiza fuera del territorio nacional. Por tanto, se tendrá que considerar aquí el tiempo para la fabricación y traslado internacional de los mismos. Se estima que este grupo de actividades podría demorar entre cuatro (4) y cinco (5) meses, considerando que la fabricación del equipo transmisor demora entre tres (3) y cuatro (4) meses puesto en fábrica, el sistema irradiante entre dos (2) y tres (3) meses puesto en fábrica, pudiéndose elaborar paralelamente a la fabricación

del equipo transmisor, y un (1) mes adicional para el envío por avión, aduanas en el país de origen y aduanas en Perú (homologación, internamiento, entre otros).

El tiempo estimado anteriormente corresponde a equipos transmisores de alta potencia empleados en el territorio 1; para las localidades comprendidas en los territorios 2, 3 y 4 el tiempo de fabricación del equipo transmisor se podría reducir en un 50%.

4.2.5 Estimación de tiempo para implementar los estudios, la planta de transmisión y el sistema irradiante

Otorgados los permisos y autorizaciones para obras civiles, referidos a la construcción y/o modificación de las instalaciones donde se implementarán los estudios, la planta de transmisión y el sistema irradiante de la estación, se procede a la ejecución de las mismas. Culminadas las obras civiles y la adquisición de los equipos necesarios se procede a instalación en cada uno de sus emplazamientos. Este proceso puede durar de dos (2) a tres (3) meses en promedio.

4.2.6 Estimación de tiempo para configurar los equipos y realizar pruebas de funcionamiento

Una vez instalados los equipos en los estudios, la planta transmisora y el sistema irradiante, se procede a configurar los equipos y realizar las pruebas de funcionamiento. Este proceso podría durar aproximadamente 15 días.

4.2.7 Estimación de tiempo para realizar pruebas de cobertura

Basado en la experiencia de las pruebas realizadas en la ciudad de Lima Metropolitana, las pruebas de cobertura de la señal ISDB-Tb podrían durar hasta 15 días, contando con los equipos necesarios para la realización de las mismas, así como una móvil adecuada donde se pueda acondicionar el equipamiento y facilite el traslado de los técnicos hacia los puntos elegidos.

4.2.8 Cálculo del tiempo total para la implementación de una estación ISDB-Tb

La figura 4.1 muestra el cronograma con las actividades necesarias para implementar una estación ISDB-Tb, teniendo en cuenta lo señalado en los numerales anteriores.

Así, conforme al cronograma señalado, el tiempo para implementar el proyecto correspondiente a la implementación de una estación ISDB-Tb sería aproximadamente de quince meses (326 días hábiles). El archivo MSProject completo del cronograma se muestra en el ANEXO B.

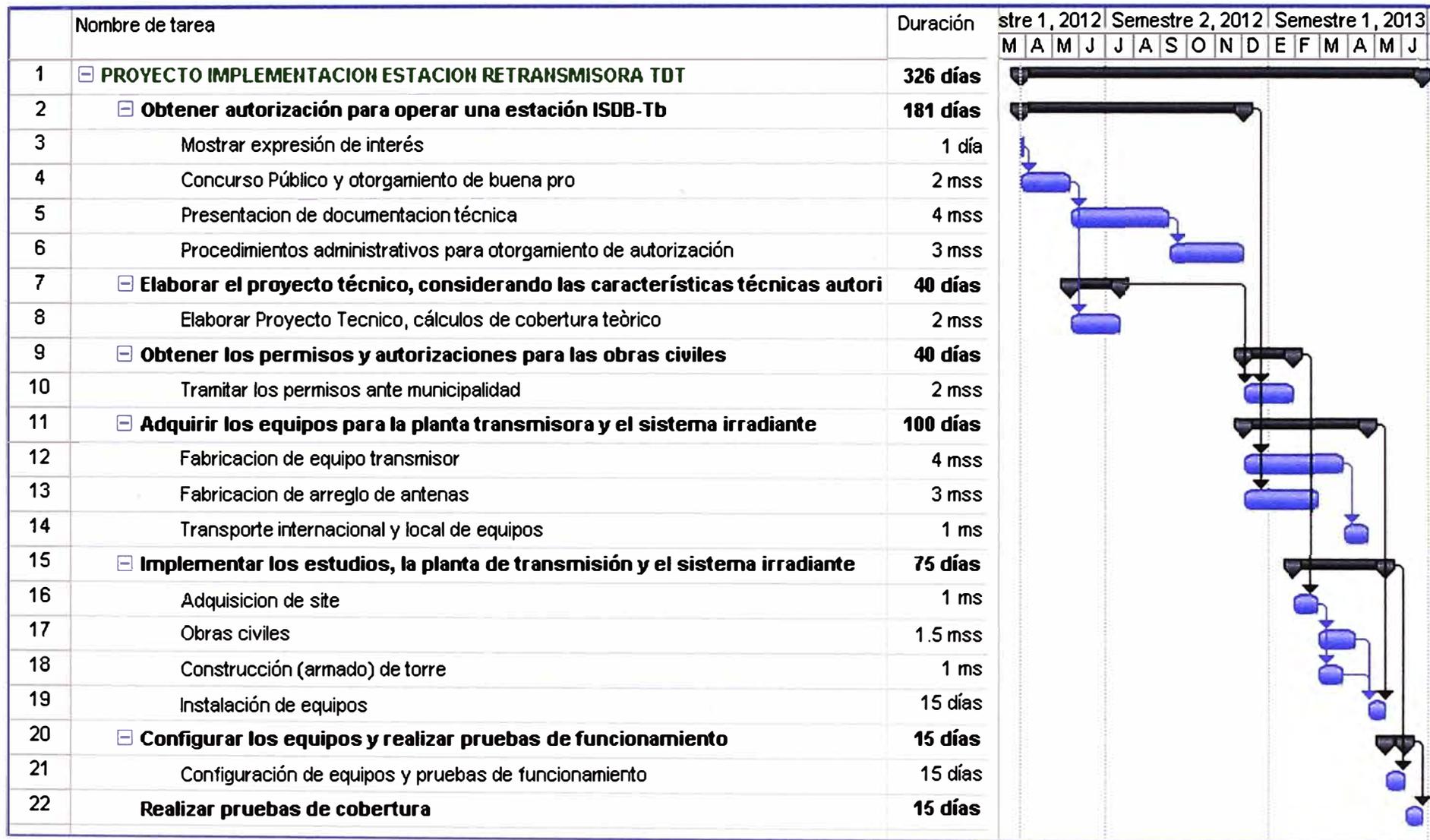


Fig.4.2 Cronograma para la implementación de una estación ISDB-Tb (Fuente: propia)

Así, conforme al cronograma señalado, el tiempo para implementar el proyecto correspondiente a la implementación de una estación ISDB-Tb sería aproximadamente de quince meses (326 días hábiles). El archivo MSProject completo del cronograma se muestra en el ANEXO B.

4.2.9 Situaciones que podrían reducir el tiempo para la implementación de una estación ISDB-Tb

Teniendo en cuenta que por sus características técnicas, en la transmisión de la señal ISDB-Tb, se debe cumplir que todas las estaciones de TV deben estar ubicadas en un mismo lugar, se podrían reducir los tiempos de algunas actividades.

Así por ejemplo, con la canalización efectuada por el MTC se sabe que la ubicación de las estaciones ISDB-Tb en la ciudad de Lima Metropolitana es el Cerro Marcavilca (Morro Solar). En la ciudad de Chiclayo está ubicada en Cerro Pon. En la ciudad de Trujillo está ubicada en la zona comprendida dentro de la circunferencia de 1km de radio, cuyo centro es la intersección de las calles Gamarra con Francisco Pizarro.

Tener esta información a priori hace que se reduzcan los plazos para efectuar por ejemplo, los procedimientos, trámites y ejecutar lo referido a las obras civiles para la instalación de los equipos. Asimismo, conociendo las características técnicas aprobadas en el plan de canalización y asignación de frecuencias de cada localidad, se puede avanzar con la elaboración del proyecto técnico y los cálculos de cobertura teórico.

Adicionalmente, se tiene la opción de contratar los servicios de una empresa operadora de torres de telecomunicaciones, quienes se encargan de la construcción de nuevas torres en sitios donde aún no están presentes y compartir la infraestructura existente, además de proporcionar un espacio adecuado para la instalación de los equipos de transmisión de estaciones prestadores de servicios de radiodifusión y otros servicios inalámbricos. Estas empresas operadoras suministran la infraestructura necesaria, bajo el régimen de arrendamiento, liberando al titular de la autorización del servicio de radiodifusión de invertir en la construcción y administración de torres para centrar su atención en la prestación del servicio autorizado, pudiendo reducir el tiempo para lanzar su servicio.

4.3 Estimación de costos

La inversión total en equipamiento que debería hacer una cadena de televisión que tenga la intención de implementar la televisión digital terrestre en las localidades comprendidas en los territorios 01, 02 y 03, según lo establecido en el plan maestro para la implementación de la televisión digital en el Perú se muestra en la TABLA N° 4.3.

TABLA N° 4.3 Costos de la implementación de un sistema transmisor TDT para una cadena nacional (Fuente: NEC de Colombia – NDC Perú Office)

		Precio (USD)	Unidades / Sets	Precio Territorio 01	Precio Territorio 02 (6 ciudades)	Precio Territorio 03 (8 ciudades)
I	Sistema de Transmisión					
1.1	Transmisor digital de TV (incluye modulador y AVR)					
	Transmisor principal (Morro Solar) (Tx de 5kW a más)	\$400,000	1	\$400,000	-	-
	Gap Fillers para huecos de cobertura	\$13,000	3	\$39,000	\$39,000	\$52,000
	Transmisor de potencia baja (Tx de 1kW aproximadamente)	\$150,000	1	-	\$900,000	\$1,200,000
1.2	Sistema de antena (Para Lima configuración de 24 paneles)	\$200,000	1	\$200,000	\$240,000	\$320,000
1.3	Enlace microondas estudio-planta (nimbra + pasolink)	\$150,000	1	\$150,000	-	-
1.4	Equipamiento satelital para tx de programas (mux DVD, gestión, mod DVB-S2, redundancia)	\$400,000	1	\$400,000	\$120,000	\$160,000
1.5	Materiales de instalación para 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4	\$25,000	1	\$25,000	\$30,000	\$40,000
1.6	Sistema de codificación y multiplexación (HD, SD, 1seg) (encoder y mux ISDB-T para 1 programa HD, 1 SD y 1 One-seg)	\$120,000	1	\$120,000	\$114,000	\$114,000
1.7	Equipos de medición (analizador de campo principal y analizadores más simples)	\$65,000	1	\$65,000	\$20,000	\$20,000
1.8	Trabajos de instalación de equipos	\$80,000	1	\$80,000	\$120,000	\$160,000
1.9	Torre autosoportada de 50m (incluye instalación)	\$50,000	1	\$50,000	\$60,000	\$80,000
II	Sistema de Control, Monitoreo y Distribución de Señales					
2.1	Subsistema de Distribución de Señales	\$550,000	1	\$550,000	-	-
2.2	Subsistema de Monitoreo (multiviewer, monitores, decoder)	\$50,000	1	\$50,000	\$20,000	\$20,000
2.3	Subsistema de Control	\$250,000	1	\$250,000	-	-

		Precio (USD)	Unidades / Sets	Precio Territorio 01	Precio Territorio 02 (6 ciudades)	Precio Territorio 03 (8 ciudades)
III	Sistema de Producción de Programas					
3.1	Equipos de producción de contenidos (VTR, disco duro, switcher)	\$300,000	1	\$300,000	-	-
3.2	Sistemas de cámaras HD (3 cámaras HD por estudio)	\$100,000	6	\$600,000	-	-
3.3	Equipos de iluminación de estudios (2 estudios)	\$300,000	2	\$600,000	-	-
3.4	Isla de edición HD (Canal comercial, mínimo 5 islas de edición)	\$50,000	6	\$300,000	-	-
TOTAL POR TERRITORIO				\$4,179,000	\$1,663,000	\$2,166,000
GRAN TOTAL				\$8,008,000		

Los costos anteriores están referidos únicamente al equipamiento para la implementación del proyecto, más no consideran aquellos costos relacionados a la operación de la estación, tales como los costos mensuales derivados a sueldos de trabajadores, alquiler de propiedades, alquiler de ancho de banda satelital, pagos de servicios básicos como energía eléctrica principalmente, entre otros costos de operación. Tampoco consideran costos por mantenimientos preventivos o correctivos.

4.3.1 Estimación de costos para obtener la autorización para implementar una estación TDT

Conforme se señaló en los numerales anteriores, para obtener una autorización para prestar el servicio de radiodifusión por TDT, de no contar con una autorización vigente para brindar el servicio por televisión analógica, se requiere participar de un concurso.

Siendo ello así, los costos para obtener una autorización para una estación TDT varían de acuerdo al concurso y lo que se esté obligado a presentar. Para el caso del concurso N° 01-2011-MTC/28.TDT, llevado a cabo el año 2011, se estableció que los postores interesados en obtener un grupo de quince (15) autorizaciones, en cada una de las localidades comprendidas en los territorios 01, 02, 03 y ocho (08) del territorio 04, debían considerar como monto base la suma de S/. 16'886,734.00. Otro dato significativo es que como requisito financiero, el postor debía acreditar una capacidad financiera mínima de S/. 12'000,000.00 [11].

Luego del otorgamiento de la buena pro, el postor ganador obtuvo la autorización de utilizar el canal 30 UHF para transmitir TDT en quince (15) localidades comprendidas en los territorios 01, 02, 03 y veintiocho (28) localidades del territorio 04, con un monto ascendente a S/. 16'896,734.00 [12].

4.3.2 Estimación de costos para la elaboración del proyecto técnico

Teniendo en cuenta que esta actividad la realiza un profesional ingeniero colegiado y habilitado con experiencia en este tipo de proyectos, dicho costo está principalmente relacionado a los honorarios de dicho profesional. Se estima que el costo asciende a S/. 10,000.00 por cada proyecto técnico elaborado.

4.3.3 Estimación de costos para obtener los permisos y autorizaciones para las obras civiles

Los costos para tramitar los permisos correspondientes ante las autoridades municipales para las obras civiles varían de sobremanera por cada municipalidad, toda vez que no existe una tarifa única. En ese sentido es posible asumir un costo por los permisos que puede variar entre S/. 6,000.00 a S/. 30,000.00.

4.3.4 Estimación de costos de adquisición de equipos para estudios, sistema transmisor y sistema irradiante

Para estimar los costos de adquisición de equipos se ha utilizado como referencia la TABLA N° 4.1.

Así, el costo de los equipos para estudios (monitoreo más producción de programas) y sistema transmisor más sistema irradiante (incluye enlace microondas entre estudio y planta transmisora) para el caso de Lima Metropolitana (territorio 01) es de S/. 7'155,000.00 y S/. 4'128,300.00, respectivamente, a un tipo de cambio de S/. 2.70 por dólar. Los costos más altos corresponden a los costos de producción de programas en HD, seguido por los costos del transmisor principal y el equipamiento satelital para transmisión vía satélite de programas. El costo total para este caso sería de S/. 11'283,300.00.

Para las localidades comprendidas en el territorio 02, el costo de los equipos para estudios (solo considera monitoreo) y sistema transmisor más sistema irradiante asciende a S/. 54,000.00 y S/. 4'436,100.00, respectivamente, a un tipo de cambio de S/. 2.70 por dólar. Dicho costo está estimado para atender seis (6) localidades del territorio 2 y se asume que no se efectuará producción de programas en HD sino se captará la señal de Lima Metropolitana de manera satelital. El costo total ascendería a S/. 4'490,100.00.

De manera similar, para las localidades comprendidas en el territorio 03, el costo de los equipos para estudios (solo considera monitoreo) y sistema transmisor más sistema irradiante asciende a S/. 54,000.00 y S/. 5'794,200.00, respectivamente, a un tipo de cambio de S/. 2.70 por dólar. Dicho costo está estimado para atender ocho (8) localidades del territorio 3. Aquí también se asume que no se efectuarán producción de programas en HD sino se captará la señal de Lima Metropolitana de manera satelital. El costo total para este caso sería de S/. 5'848,200.00.

Los costos anteriores incluyen la instalación de los equipos en sus emplazamientos así como las pruebas de funcionamiento respectivas.

4.3.5 Estimación de costos para la realización de pruebas de cobertura

Teniendo en cuenta que esta actividad puede ser realizada por dos técnicos con experiencia en este tipo de proyectos, y que cuenten con el equipamiento adecuado y una unidad móvil, dicho costo está principalmente relacionado a los honorarios de dichos profesionales más el costo del equipamiento y del vehículo. Se estima que el costo ascendería a S/. 5,000.00.

4.3.6 Estimación del costo total para la implementación de una estación TDT

Teniendo en cuenta lo señalado en los numerales anteriores se concluye que previo a estimar el costo total para implementar una estación de TDT se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Basado en el monto adjudicado de S/. 16'896,734.00 obtenido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones por otorgar un grupo de autorizaciones para el servicio de radiodifusión por televisión con tecnología digital (quince (15) en cada una de las localidades comprendidas en los territorios 01, 02, 03 y veintiocho (28) del territorio 04), se debe determinar el costo de la autorización de manera individual por cada territorio.
- El costo de S/. 11'283,300.00 para implementar los estudios más la planta transmisora y el sistema irradiante para el territorio 1 podría disminuir en caso no requerir transmitir la señal vía satélite (situación improbable de ocurrir en aquellas empresas televisoras de alcance nacional) o no efectuar producción en HD o no requerir de un enlace microondas estudio-planta (situación muy improbable debido a que en Lima Metropolitana todas las plantas transmisoras se ubican en el Morro Solar de Chorrillos).
- El costo de S/. 4'490,100.00 para implementar la planta transmisora y el sistema irradiante (más el monitoreo) para el territorio 02 corresponde a la

implementación en seis (6) localidades y no refleja el costo para una sola localidad. Asimismo, dicho costo podría aumentar en caso se requiera de un enlace microondas estudio-planta (situación probable, que depende del lugar físico donde se ha seleccionado la ubicación de las torres de transmisión para TDT), así como en caso se requiera efectuar producción en HD con contenidos locales (se requerirá adquirir equipos para ello, tales como cámaras HD, isla de edición HD, entre otros).

- De manera similar, el costo de S/. 5'848,200.00. para implementar la planta transmisora y el sistema irradiante (más el monitoreo) para el territorio 03 corresponde a la implementación en ocho (8) localidades y no refleja el costo para una sola localidad. El aumento de dicho costo también es posible por las situaciones indicadas en el párrafo anterior.

En ese sentido, haciendo una estimación a través de prorrateo, y otorgando un factor de ponderación a los territorios (no es lo mismo el costo de una autorización en Lima Metropolitana que en una Localidad del territorio 02 o 03 y mucho menos en el territorio 04), se infiere que el costo de autorización para una sola estación de ISDB-T por territorio, sería el que se muestra en la TABLA N° 4.4.

TABLA N° 4.4 Costo estimado de una autorización para una estación TDT, por territorios (Fuente: propia)

Ítem	Localidad	Factor de ponderación	Costo aproximado (S/.)
1	Territorio 1	10	S/. 1'600,000
2	Territorio 2	6	S/. 960,000
3	Territorio 3	4	S/. 640,000

Similar a lo anterior, haciendo una estimación a través de prorrateo, se tiene que el costo aproximado de equipos para una sola estación de ISDB-T por territorio, considerando además que cada estación producirá su propio contenido local en HD, sería el que se muestra en la TABLA N° 4.5.

TABLA N° 4.5 Costos de equipos para una estación TDT, por territorios (Fuente: propia)

Ítem	Localidad	Costo estimado (S/.)	Costo estimado promedio (S/.)
1	Territorio 1	Entre S/. 10'200,000 a S/. 11'300,000	S/. 10'750,000
2	Territorio 2	Entre S/. 2'680,000 a S/. 3'150,000	S/. 2'915,000
3	Territorio 3	Entre S/. 2'610,000 a S/. 3'120,000	S/. 2'865,000

Por último, corresponderá agregar a los costos de autorización (TABLA N° 4.4) y costos de equipamiento (TABLA N° 4.5), los otros costos adicionales considerados en los párrafos anteriores, de manera tal que se obtenga el costo total de implementación en cada territorio. El resultado de ello se muestra en la TABLA N° 4.6.

TABLA N° 4.6 Costos totales para implementar una estación TDT, por territorios (Fuente: propia)

Ítem	Localidad	Costo estimado promedio (S/.)
1	Territorio 1	S/. 12,383,000
2	Territorio 2	S/. 3,908,000
3	Territorio 3	S/. 3,538,000

4.3.7 Otros aspectos que podrían modificar los costos para la implementación de una estación ISDB-T

Adicionalmente a lo señalado precedentemente, se debe considerar los costos de las obras civiles necesarias para la construcción de las instalaciones donde se implementarán los estudios, la planta de transmisión y el sistema irradiante, el cual dependerá del área en m² asignado a cada uno de estos ambientes, la zona donde se ubicaran, así como la arquitectura, tipo de materiales de construcción y acabados que se elijan para la edificación de los ambientes. No siendo ello el objetivo principal de este informe, dichos costos no han sido calculados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado del análisis efectuado en el presente informe, se concluye lo siguiente:

1. La localidad de Lima, debido principalmente a su geografía, presenta zonas de sombra en el área de cobertura, en las que no se recibe satisfactoriamente la señal de TDT emitida desde el Cerro Marcavilca (Morro Solar).

2. Las zonas de sombra identificadas en el área de cobertura de la señal de TDT, pueden ser mejoradas empleando estaciones retransmisoras de baja potencia (gap – filler), ubicadas estratégicamente que operen en la misma frecuencia asignada a la estación principal, formando una red SFN.

3. La implementación de una estación repetidora de baja potencia en el Cerro Shangrilla, utilizando un gap-filler de 100W configurado en la misma frecuencia o canal de la estación principal, mejora el área de cobertura en los distritos de Comas y Carabaylo, donde no es era posible recibir la señal del transmisor ubicado en el Cerro Marcavilca, beneficiando a una población aproximada de 650 mil personas.

4. El tiempo de implementación de una estación del servicio de radiodifusión por TDT es de aproximadamente quince (15) meses. Los primeros nueve (9) meses corresponden al otorgamiento de la autorización.

5. Los equipos empleados para la implementación de estaciones transmisoras en TDT son más sofisticados, en comparación con los empleados en estaciones de televisión analógicas, por lo que se requiere una mayor inversión de los potenciales operadores.

Asimismo, las recomendaciones que surgen del presente informe son las siguientes:

1. La implementación de la TDT, no se debe limitar únicamente al reemplazo de equipamiento para la transmisión y recepción de la señal digital, se debe considerar que también es una oportunidad para hacer un reordenamiento del servicio de radiodifusión por televisión, que permita la mejora del mismo.

2. Se debe mejorar los contenidos ofrecidos para hacer del servicio de TDT, libre y gratuito, un producto atractivo para el consumidor.

3. Para que las oportunidades que trae consigo la TDT se conviertan en ventajas para los usuarios y los operadores del servicio, el Estado Peruano debe elaborar un plan integral de difusión de la TDT y establecer políticas para la masificación gradual de los receptores de TDT.

4. Se deben estudiar a detalle la funcionalidad del sistema de alerta de emergencias (EWBS), que trae consigo el estándar ISDB-T, en especial porque nuestro país está afecto a desastres naturales.

5. De igual forma, se debe aprovechar la funcionalidad de interactividad ofrecida por el estándar ISDB-T, desarrollando contenidos específicos que puedan ser difundidos conjuntamente con la programación de la señal de TDT, que contribuyan con la educación, salud, cultura e inclusión social.

ANEXO A

PUNTOS DE MEDICION DE COBERTURA DE LA TDT IMPLEMENTADA POR IRTP

Nº	UBICACIÓN	DISTRITO	RECEPCION	INTENSIDAD DE CAMPO (dBuV/m)	MER (dB)
1	Av Separadora Industrial. cuadra 40 .Cerveceria Cristal.	Ate	HD, SD y "One Seg"	97.0	33.9
2	Carretera Central Km 7 1 2 Centro Comercial Plaza Vitarte	Ate	HD, SD y "One Seg"	74.7	19.7
3	Interseccion Av. Nestor Gambetta con Av. Morales Duarez	Callao	HD, SD y "One Seg"	90.9	37.2
4	Interseccion Av. Morales Duarez con Av. Elmer Faucett	Callao	HD, SD y "One Seg"	85.8	32.9
5	Av. Nestor Gambetta Km 14 1 2 Marquez Altura Puente Chillon	Callao	HD, SD y "One Seg"	70.3	21.1
6	Urb Santa Leonor Primera Etapa Parque N° 1 .Murcielago.	Chorrillos	HD, SD y "One Seg"	100.2	40.3
7	Interseccion Av Miraflores con Calle Cesar Vallejo	Comas	HD, SD y "One Seg"	73.7	26.0
8	El Ermitano. 1er Sector Av. Los Jazmines cuadra 1	Independencia	HD, SD y "One Seg"	68.6	22.8
9	El Ermitano. Calle Los Membrillos cuadra 1	Independencia	HD, SD y "One Seg"	74.1	13.9
10	Independencia. Av Las Americas cuadra 2	Independencia	HD, SD y "One Seg"	80.4	32.7
11	Tahuantinsuyo. Primera Zona. Interseccion Av. Chinchaisuyo y Jr. Huamachuco. antes de la division Payet Tahuantinsuyo-Cuarta Zona	Independencia	HD, SD y "One Seg"	79.8	25.2
12	Tahuantinsuyo. Cuarta Zona. Interseccion de Av. Coricancha y Calle Hermanos Ayar	Independencia	HD, SD y "One Seg"	71.1	16.2
13	Payet S3 A.H. Jose Olaya. Calle Chorrillos.	Independencia	HD, SD y "One Seg"	74.8	20.4
14	Campo de Marte	Jesus Maria	HD, SD y "One Seg"	84.9	34.7
15	Interseccion Av Prolongacion Javier Prado Este con Av Melgarejo	La Molina	HD, SD y "One Seg"	88.5	37.7
16	Av La Molina. Altura Rinconada del Lago	La Molina	HD, SD y "One Seg"	70.0	17.7
17	Municipalidad de La Punta	La Punta	HD, SD y "One Seg"	84.1	36.2
18	Estadio Nacional	Lima	HD, SD y "One Seg"	102.7	38.6
19	Plaza de Armas	Lima	HD, SD y "One Seg"	78.7	19.7
20	Urb. El Trebol Cuarta Etapa. Av. Alfa	Los Olivos	HD, SD y "One Seg"	80.4	31.2
21	Sol de Oro. Parque La Luna	Los Olivos	HD, SD y "One Seg"	74.3	29.5
22	Municipalidad de Los Olivos	Los Olivos	HD, SD y "One Seg"	70.6	23.4
23	Av. Panamericana Norte Km 22 .Altura interseccion con Autopista Chillon Trapiche.	Los Olivos	HD, SD y "One Seg"	96.9	40.1
24	Plaza del A.H. Julio Cesar Tello	Lurin	HD, SD y "One Seg"	73.9	31.1
25	Plaza de Armas de Lurin	Lurin	HD, SD y "One Seg"	81.7	36.0
26	Calle Prolongacion Bolivar. cuadra 6	Lurin	HD, SD y "One Seg"	83.2	37.1
27	Puente Mala. Km 86 Panamericana Norte	Mala	HD, SD y "One Seg"	70.9	25.9
28	Parque Central Municipalidad	Miraflores	HD, SD y "One Seg"	88.1	31.5
29	Municipalidad de Pachacamac	Pachacamac	HD, SD y "One Seg"	59.0	17.5
30	Plaza Principal	Pucusana	HD, SD y "One Seg"	75.1	31.6
31	Parque de Asociacion de Vivienda Cruz de Motupe	Puente Piedra	HD, SD y "One Seg"	93.2	37.2
32	Asociacion El Naranjo. Mz A. .Altura Km 28.5 Panamericana Norte.	Puente Piedra	HD, SD y "One Seg"	102.0	38.9

N°	UBICACIÓN	DISTRITO	RECEPCION	INTENSIDAD DE CAMPO (dBuV/m)	MER (dB)
33	Municipalidad de Puente Piedra	Puente Piedra	HD, SD y "One Seg"	64.6	15.5
34	Asociacion El Porvenir	Puente Piedra	HD, SD y "One Seg"	64.2	20.5
35	Zapallal. Agrupamiento Luya 3ra Etapa. Loma de Zapallal	Puente Piedra	HD, SD y "One Seg"	80.0	33.4
36	Urb. Ventura Rossi. Parque de la Urbanizacion	Rimac	HD, SD y "One Seg"	86.9	36.2
37	Flor de Amacaes. A.H. Municipal de Miraflores.	Rimac	HD, SD y "One Seg"	89.6	28.0
38	San Juan de Amancaes. Paradero ATC	Rimac	HD, SD y "One Seg"	85.1	34.5
39	Universidad Nacional de Ingenieria	Rimac	HD, SD y "One Seg"	71.8	22.4
40	Plaza Principal	San Bartolo	HD, SD y "One Seg"	88.5	34.1
41	Av. Las Begonias Cuadra 5	San Isidro	HD, SD y "One Seg"	93.6	30.3
42	Jr. Juan de Arona Cuadra 6	San Isidro	HD, SD y "One Seg"	96.4	40.6
43	Jr. Víctor A. Belaunde Cuadra 1	San Isidro	HD, SD y "One Seg"	84.1	36.1
44	Ovalo Gutierrez	San Isidro	HD, SD y "One Seg"	93.7	34.1
45	Las Flores. Parque Zonal Wiracocha .Av Los Proceres de la Independencia cuadra 13.	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	77.4	27.3
46	Canto Grande. Interseccion Av Fernando Wiese con Av Santa Rosa	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	98.1	41.8
47	Canto Rey. Av Fernando Wiese con Av El Muro	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	73.6	20.4
48	Limite A.H. Cruz de Motupe y Montenegro. En la Av Fernando Wiese	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	67.7	20.5
49	Jicamarca	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	70.2	21.4
50	Mangamarca. Prolongacion Av Las Lomas cuadra 15	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	69.6	21.4
51	Campoy. Av D .a 4 cuadras de Av Campoy.	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	83.2	37.4
52	Jicamarca. Plaza Principal .Parte Baja.	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	72.6	23.8
53	Jicamarca. Av Union Anexo 8 .Zona en la parte elevada de Jicamarca.	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	81.4	36.2
54	Cajamarquilla. Av Cajamarquilla altura entrada a Las Praderas de Huachipa	San Juan de Lurigancho	HD, SD y "One Seg"	92.8	35.4
55	Municipalidad de San Juan de Miraflores	San Juan de Miraflores	HD, SD y "One Seg"	119.9	42.4
56	Pamplona Alta. La Rinconada	San Juan de Miraflores	HD, SD y "One Seg"	98.1	36.2
57	Urb. Palao 2 Huaca Palao	San Martin de Porres	HD, SD y "One Seg"	85.2	38.9
58	Urb. Naranjal. Interseccion Calle Llata y Tantamayo	San Martin de Porres	HD, SD y "One Seg"	70.7	26.0
59	Playa de Entrada Principal	Santa Maria	HD, SD y "One Seg"	84.6	33.0
60	Av Ayacucho cuadra 3	Surco	HD, SD y "One Seg"	93.7	27.6
61	Av Circunvalacion El Golf cuadra 11	Surco	HD, SD y "One Seg"	80.4	35.2
62	Urb. Antonio Moreno de Caceres. Sector 5. Plaza Principal	Ventanilla	HD, SD y "One Seg"	69.6	17.2
63	Urb. Naval Parque del Nino	Ventanilla	HD, SD y "One Seg"	73.5	19.5
64	Pachacutec. Comisaria	Ventanilla	HD, SD y "One Seg"	96.4	40.8

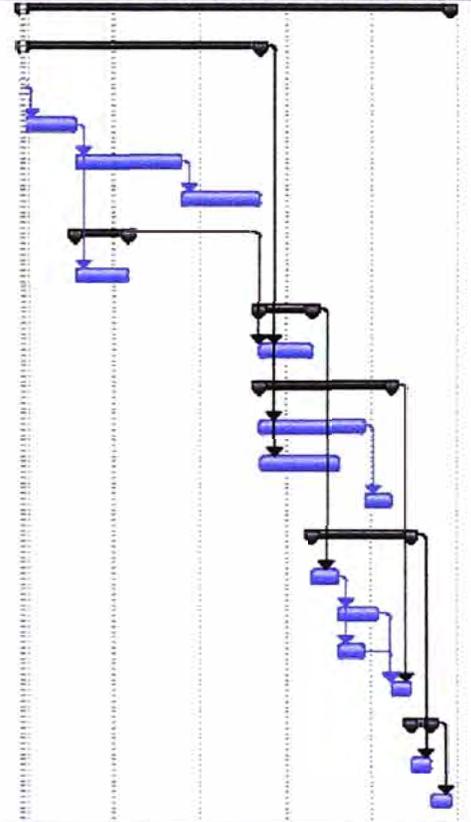
Nº	UBICACIÓN	DISTRITO	RECEPCION	INTENSIDAD DE CAMPO (dBuV/m)	MER (dB)
65	Local de Sedapal. Av Industrial Sector 1	Villa El Salvador	HD, SD y "One Seg"	85.2	39.5
66	Municipalidad de Villa El Salvador	Villa El Salvador	HD, SD y "One Seg"	96.7	36.7
67	Sector 4 de Villa El Salvador	Villa El Salvador	HD, SD y "One Seg"	89.9	25.0
68	San Gabriel Alto. Parque Nº 1	Villa Maria	HD, SD y "One Seg"	89.9	38.6
69	Municipalidad de Villa Maria	Villa Maria	HD, SD y "One Seg"	92.7	37.1
70	Nueva Esperanza. Av 26 de Noviembre cuadra 16 Curva.	Villa Maria	HD, SD y "One Seg"	87.3	33.6
71	Nueva Esperanza. Virgen de Lourdes Av Atocongo cuadra 22	Villa Maria	HD, SD y "One Seg"	66.7	17.4
72	Nueva Esperanza. Virgen de Lourdes Av Atocongo cuadra 26	Villa Maria	HD, SD y "One Seg"	71.6	26.6
73	Jose Galvez. Av Lima. paradero Nº 4	Villa Maria	HD, SD y "One Seg"	79.7	28.4
74	Jose Galvez Av. Lima. paradero Nº 5	Villa Maria	HD, SD y "One Seg"	83.2	30.8
75	Jose Galvez Av. Lima. paradero Nº 6	Villa Maria	HD, SD y "One Seg"	78.0	23.5
76	El Rosario de Asia	Asia	HD, SD y no "One Seg"	61.1	18.0
77	Carabayllo. Interseccion Av Merino y Saenz Pena	Carabayllo	HD, SD y no "One Seg"	70.2	15.4
78	El Progreso. Av Manuel Prado cuadra 1	Carabayllo	HD, SD y no "One Seg"	70.9	16.6
79	A.H. Olofame	Chilca	HD, SD y no "One Seg"	63.4	21.4
80	Plaza Principal	Chilca	HD, SD y no "One Seg"	71.8	29.9
81	Municipalidad	Comas	HD, SD y no "One Seg"	69.6	16.1
82	Av Belaunde Este cuadra 2	Comas	HD, SD y no "One Seg"	67.3	16.9
83	Av Belaunde Este cuadra 11	Comas	HD, SD y no "One Seg"	64.5	17.1
84	Collique Cuarta Zona Av Revolucion cuadra 30	Comas	HD, SD y no "One Seg"	70.3	9.8
85	Independencia. Interseccion Jr. 3 de Noviembre e Hipolito Unanue	Independencia	HD, SD y no "One Seg"	63.9	14.8
86	Los Olivos. Av. Santiago Antunez de Mayolo cuadra 10	Los Olivos	HD, SD y no "One Seg"	68.7	23.0
87	Covida. Parque San Martin	Los Olivos	HD, SD y no "One Seg"	73.0	26.5
88	Portada de Manchay. ampliacion 1 .Anfiteatro de Debate Elecciones Municipales Castaneda-Andrade.	Pachacamac	HD, SD y no "One Seg"	59.7	18.6
89	Santa Rosa .Balneario. Parque Central	Santa Rosa	HD, SD y no "One Seg"	61.4	18.4
90	Villa Estela. Avenida A Mz G	Ancon	No HD, SD ni "One Seg"	54.4	11.0
91	Santa Rosa. Entrada Panamericana Norte	Ancon	No HD, SD ni "One Seg"	48.9	-2.3
92	Ancon. Plaza Principal	Ancon	No HD, SD ni "One Seg"	52.7	-7.0
93	Asociacion Vecinal San Roque	Ate	No HD, SD ni "One Seg"	62.9	10.4
94	Santa Clara -Manylsa Av Acapulco	Ate	No HD, SD ni "One Seg"	57.6	3.6
95	Santa Clara. Parque Central	Ate	No HD, SD ni "One Seg"	60.8	8.0
96	Horacio Zevallos. Biblioteca Parroquial Santa Maria	Ate	No HD, SD ni "One Seg"	61.5	7.9

N°	UBICACIÓN	DISTRITO	RECEPCION	INTENSIDAD DE CAMPO (dBuV/m)	MER (dB)
97	Huaycan. Plaza Principal	Ate	No HD, SD ni "One Seg"	52.7	2.6
98	El Progreso. Cuarto Sector. Av Manuel Prado cuadra 10	Carabayllo	No HD, SD ni "One Seg"	54.0	5.0
99	Urb. Torre Blanca. Altura Km 23.5 Tupac Amaru	Carabayllo	No HD, SD ni "One Seg"	51.3	0.7
100	Plaza Principal. Carretera Central Km 25	Chaclacayo	No HD, SD ni "One Seg"	43.1	-8.5
101	Puente Los Angeles. Limite Chaclacayo Chosica. Carretera Central Km 27.5	Chaclacayo	No HD, SD ni "One Seg"	42.3	-9.5
102	Plaza Principal.	Chosica	No HD, SD ni "One Seg"	53.3	0.5
103	Av Bolivar cuadra 3 Entrada a Santa Eulalia	Chosica	No HD, SD ni "One Seg"	40.5	-9.7
104	Av San Martin Altura Poblado Las Cumbres de Cieneguilla	Cieneguilla	No HD, SD ni "One Seg"	72.2	11.3
105	Av San Martin Altura Poblado Tambo Viejo	Cieneguilla	No HD, SD ni "One Seg"	44.9	-8.8
106	Tercera Etapa de Cieneguilla. carretera a Huarochiri	Cieneguilla	No HD, SD ni "One Seg"	40.4	-9.1
107	Año Nuevo. Interseccion Av Juan Velasco Alavariado con Av Grau	Comas	No HD, SD ni "One Seg"	58.2	5.6
108	Collique Primera Zona Av Revolucion cuadra 6	Comas	No HD, SD ni "One Seg"	61.2	13.8
109	Las Vinas. Interseccion Av Los Fresnos con Av Las Vinas de la Molina	La Molina	No HD, SD ni "One Seg"	65.2	15.0
110	Musa. Altura acceso a Manchay	La Molina	No HD, SD ni "One Seg"	65.3	13.6
111	Plaza Principal	Mala	No HD, SD ni "One Seg"	42.0	-9.2
112	Manchay. Av Victor Malasquez A.H. Portada de Manchay	Pachacamac	No HD, SD ni "One Seg"	47.4	-2.7
113	Huertos de Manchay. Interseccion Av Victor Malasquez con Av Los Naranjos	Pachacamac	No HD, SD ni "One Seg"	43.3	-8.8
114	Huertos de Manchay. Plaza .Parroquia Espiritu Santo.	Pachacamac	No HD, SD ni "One Seg"	47.9	0.4
115	Zapallal. Jr. Zapallal cuadra 12 Centro Poblado Zapallal	Puente Piedra	No HD, SD ni "One Seg"	56.9	5.0
116	Carretera Central Km 44.5	Ricardo Palma	No HD, SD ni "One Seg"	40.1	-9.5
117	Puente Ricardo Palma	Ricardo Palma	No HD, SD ni "One Seg"	39.2	-9.2
118	Av San Martin cuadra 9	Santa Eulalia	No HD, SD ni "One Seg"	43.8	-8.7
119	Plaza Principal	Santa Eulalia	No HD, SD ni "One Seg"	48.5	-2.3
120	Municipalidad de Ventanilla. Ventanilla Alta	Ventanilla	No HD, SD ni "One Seg"	49.3	-6.9
121	Mi Peru. Plaza Principal	Ventanilla	No HD, SD ni "One Seg"	61.5	8.4
122	Mi Peru. Av. Huaura Mz A-11	Ventanilla	No HD, SD ni "One Seg"	57.7	9.0
123	A. H. Villa Los Reyes. Plaza Principal .Despues de Pachacutec. colinda con la Panamericana Norte.	Ventanilla	No HD, SD ni "One Seg"	55.1	14.1

ANEXO B
CRONOGRAMA DETALLADO DE LA IMPLEMENTACION DE UNA ESTACIÓN TDT

**CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN
PROYECTO IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIÓN TDT**

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	2012 tri 2, 2012 tri 3, 2012 tri 4, 2012 tri 1, 2013 tri 2, 2013 tri
1	PROYECTO IMPLEMENTACION ESTACION RETRANSMISORA TDT	326 días	lun 26/03/12	lun 24/06/13		feb mar abr a lun jul ago sep oct nov dic ene feb mar abr a lun jul
2	Obtener autorización para operar una estación ISDB-Tb	181 días	lun 26/03/12	lun 03/12/12		
3	Mostrar expresión de interés	1 día	lun 26/03/12	lun 26/03/12		
4	Concurso Público y otorgamiento de buena pro	2 mss	mar 27/03/12	lun 27/05/12	3	
5	Presentación de documentación técnica	4 mss	mar 22/05/12	lun 10/06/12	4	
6	Procedimientos administrativos para otorgamiento de autorización	3 mss	mar 11/09/12	lun 03/12/12	5	
7	Elaborar el proyecto técnico, considerando las características técnicas autorizadas	40 días	mar 22/05/12	lun 16/07/12		
8	Elaborar Proyecto Técnico, cálculos de cobertura teórico	2 mss	mar 22/05/12	lun 18/07/12	4	
9	Obtener los permisos y autorizaciones para las obras civiles	40 días	mar 04/12/12	lun 28/01/13		
10	Tramitar los permisos ante municipalidad	2 mss	mar 04/12/12	lun 28/01/13	2,7	
11	Adquirir los equipos para la planta transmisora y el sistema irradiante	100 días	mar 04/12/12	lun 22/04/13		
12	Fabricación de equipo transmisor	4 mss	mar 04/12/12	lun 25/03/13	2	
13	Fabricación de arreglo de antenas	3 mss	mar 04/12/12	lun 25/02/13	2	
14	Transporte internacional y local de equipos	1 ms	mar 26/03/13	lun 22/04/13	12	
15	Implementar los estudios, la planta de transmisión y el sistema irradiante	75 días	mar 29/01/13	lun 13/05/13		
16	Adquisición de site	1 ms	mar 29/01/13	lun 25/02/13	9	
17	Obras civiles	1.5 mss	mar 26/02/13	lun 08/04/13	16	
18	Construcción (armado) de torre	1 ms	mar 26/02/13	lun 25/03/13	16	
19	Instalación de equipos	15 días	mar 23/04/13	lun 13/05/13	11,18,17	
20	Configurar los equipos y realizar pruebas de funcionamiento	15 días	mar 14/05/13	lun 03/06/13		
21	Configuración de equipos y pruebas de funcionamiento	15 días	mar 14/06/13	lun 03/06/13	15	
22	Realizar pruebas de cobertura	15 días	mar 04/06/13	lun 24/06/13	20	



Proyecto: Proyecto estacion TDT Fecha: lun 26/03/12	Tarea		Hito		Tareas externas	
	División		Resumen		Hito externo	
	Progreso		Resumen del proyecto		Fecha límite	

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), "Informe Técnico N° 4" Diciembre 2011 – <http://www.inei.gob.pe/web/BoletinFlotante.asp?file=13382.pdf>
- [2] Consejo Consultivo de Radio y Televisión (CONCORTV), "Estudio de actitudes, hábitos y opinión sobre la radio y televisión" – 2011
<http://www.concortv.gob.pe/index.php/biblioteca-digital/estudios/846-2011-estudio-de-actitudes-habitos-y-opinion-sobre-la-radio-y-television.html>
- [3] ATSC, "About Us" – 08 de Marzo 2010
<http://www.atsc.org/cms/index.php/component/content/article/195>
- [4] ATSC, "Digital Television Standard: Document A/53 Part 1" Digital Television System - 7 August 2009
- [5] ATSC, " Recommended Practice: Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard, including" - Corrigendum N° 1 – Document A/54A, 4 December 2003
Corrigendum N° 1" - 20 December 2006
- [6] DVB, "DVB Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, ETSI EN 300 744"
European Telecommunications Standards Institute - Francia 2004.
- [7] Walter Fischer, "Televisión Digital – Una Guía Práctica para Ingenieros" Rohde&Schwarz el GMBH & Co. – Alemania 2003
- [8] República Nacional China, "GB 20600-2006 Chinese National Standard" Universidad de Tsinghua y Universidad Jiaotong de Shanghai - 2006
- [9] National Association of Broadcasters, "China Approves DTV Standard" TV TechCheck – Octubre 2006 - <http://www.nab.org/xert/scitech/pdfs/tv103006.pdf>
- [10] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), "INFORME TÉCNICO N° 04" Diciembre 2011 - <http://www.inei.gob.pe/web/BoletinFlotante.asp?file=13382.pdf>
- [11] MTC, "Bases del Concurso Público N° 01-2011-MTC/28.TDT, Otorgamiento de Autorizaciones para prestar el servicio de radiodifusión por Televisión Digital Terrestre" – Mayo 2011
<http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/radiodifusion/concurso/CP1-2011-TDT/Bases%20de%20Concurso%20TDT%20pdf.pdf>
- [12] MTC, "Relación de Adjudicatarios de la Buena Pro Concurso Público 01-2011-MTC/28.TDT" – Octubre 2011
http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/radiodifusion/concurso/CP1-2011-TDT/buena_pro.pdf

Normas legales aplicadas al servicio de radiodifusión por televisión:

Presidencia de la República, "Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones"

Decreto Supremo N° 013-93-TCC – 1993

Presidencia de la República, "Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones"

Decreto Supremo N° 020-2007-MTC – 2007

MTC, "Normas Técnicas del Servicio de Radiodifusión, aprobadas por Resolución Ministerial N° 358-2003-MTC/03 y sus modificatorias – 2003

Congreso de la República, "Ley de Radio y Televisión"

Ley N° 28278 - 2004

Presidencia de la República, "Reglamento de la Ley de Radio y Televisión"

Decreto Supremo N° 005-2005-MTC y sus modificatorias - 2005

MTC, "Plan Nacional de Atribución de Frecuencias – PNAF"

Resolución Ministerial N° 187-2005-MTC/03 y sus modificaciones - 2005

Presidencia de la República, "Adoptar el estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial) con las mejoras tecnológicas que hubiere al momento de su implementación, como sistema de televisión digital terrestre (TDT) para el Perú"

Resolución Suprema N° 019-2009-MTC - 2009

MTC, "Aprueba especificaciones técnicas mínimas de los receptores de Televisión Digital Terrestre (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial) a ser utilizado en el Perú."

Resolución Ministerial N° 645-2009-MTC/03 - 2009

Presidencia de la República, "Plan Maestro para la Implementación del Televisión Digital Terrestre en el Perú y modifica el Reglamento de la Ley de Radio y Televisión, aprobado por Decreto Supremo N° 005-2005-MTC.

Decreto Supremo N° 017-2010-MTC, modificado por Decretos Supremos N°s 023-2010-MTC, 058-2010-MTC y 008-2011-MTC - 2010