

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE ANTENAS PARA LA
TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA SEÑAL EN TELEVISIÓN
DIGITAL TERRESTRE**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

SEBASTIÁN JESÚS LLAUCE IZAGUIRRE

**PROMOCIÓN
2007 - I**

**LIMA – PERÚ
2011**

**CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE ANTENAS PARA LA
TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL
TERRESTRE**

DEDICATORIA

Dedico este estudio a mi alma mater, la UNI
por todos sus conocimientos impartidos por
los catedráticos en sus aulas.

ÍNDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	
MARCO TEORICO	2
1.1.- Introducción	2
1.2.- La Antena	2
1.3.- Tipos de antenas para la transmisión de televisión - Características	3
1.4.- Elementos básicos de los sistemas de comunicación visual	4
1.5.- Parámetros técnicos para la transmisión y recepción de la señal en televisión digital terrestre	7
CAPITULO II	
ESCENARIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE	11
2.1.- Introducción	11
2.2.- Problemática actual	11
2.3.- Comparación de las características entre la televisión analógica y digital	11
2.3.1.- Acciones realizadas para la implementación de la TDT	11
2.3.2.- Transición Analógico - Digital	12
2.3.3.- Cambios necesarios para recibir la señal de TDT por los usuarios	13
2.3.4.- Situación actual de la TDT en la ciudad de Lima	15
2.3.5.- Ventajas de la televisión digital sobre la televisión analógica	16
2.4.- Parámetros de las antenas de transmisión	22
2.4.1.- Potencia de transmisión de las antenas	22
2.4.2.- Cobertura actual de la señal de la televisión digital terrestre	24
2.4.3.- Ganancia de las antenas	24
2.4.4.- Relación de onda estacionaria (ROE)	25
2.4.5.- Polarización de las antenas	26
2.4.6.- Patrón de radiación de las antenas	26
2.4.7.- Relación delante/atrás (D/A)	32
2.4.8.- Frecuencia o banda de trabajo	33
2.4.9.- Carga al viento	34
2.4.10.- Relleno de Nulos	34

2.4.11.- Ángulo de inclinación.....	34
-------------------------------------	----

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE PARA LA GENERACIÓN DE LA SEÑAL DIGITAL TERRESTRE.....	37
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

3.1.- Introducción	37
3.2.- Utilización de las antenas analógicas para implementar las antenas de TDT	37
3.3.- Descripción de la infraestructura ya existente para la generación de la señal digital terrestre... ..	37
3.3.1.- Descripción de la infraestructura existente en un estudio de grabación.....	37

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIONES DE LAS ANTENAS PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	42
------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

4.1.- Introducción	42
4.2.- Enlace de Microondas	42
4.3.- Descripción de la infraestructura existente para un enlace de microondas entre el estudio de grabación y la planta transmisora.....	44
4.4.- Descripción de la infraestructura existente para un enlace de microondas entre equipos de broadcasting.....	44
4.5.- Descripción de la infraestructura existente para la transmisión de la señal de televisión digital terrestre.....	47
4.6.- Adaptación de una antena digital sobre la infraestructura de una antena analógica ..	48
4.7.- Experiencia de la implementación de antenas en Argentina.....	53
4.8.- Experiencia de la implementación de antenas en Japón	56
4.9.- Montaje e instalación de la torre autoportada del IRTP para la transmisión de la señal digital terrestre.....	57
4.10.- Recomendaciones para el montaje e instalación de torres autoportadas para la transmisión de la señal digital terrestre.....	61
4.11.- Implementación de repetidoras.....	62
4.11.1.-Redes de Frecuencia Única (SFN).....	63
4.11.2.-Gap Fillers.	64
4.12.- Parámetros técnicos de antenas para la recepción de la televisión digital terrestre.....	66
4.12.1.-Principales antenas para recepción de televisión digital.	66
4.12.2.-Parámetros técnicos de las antenas de emisión de la señal digital.....	67
4.12.3.-Parámetros técnicos de las antenas de recepción en exteriores.....	69
4.12.4.-Parámetros técnicos de las antenas de recepción en interiores.	70
4.13.- Prueba de campo de la recepción de la señal digital terrestre en Los Olivos	70

CONCLUSIONES.....	75
ANEXO A	
COSTOS Y PRESUPUESTOS.....	76
ANEXO B	
PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL DEL CANAL 16 UHF EN LIMA Y CALLAO	81
ANEXO C	
TRANSMISOR DIAMOND CD DHD8P1	87
ANEXO D	
GLOSARIO.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	93

SUMARIO

La llegada de la televisión digital terrestre al Perú marca un antes y un después en la transmisión de las señales, con un mayor número de contenidos por cada broadcasting y en donde el usuario común pasa de ser de un agente pasivo a uno activo ya que va a ser posible interactuar mediante encuestas, entrevistas, concursos, etc.

El presente trabajo tiene como objetivo describir conceptos teóricos sobre las antenas, así como presentar las consideraciones técnicas de las antenas para la transmisión y la recepción de la señal digital terrestre.

Además se recomienda acerca de la implementación de antenas de enlace entre la radiodifusora y las estaciones de transmisión ubicadas sobre el Morro Solar en Chorrillos.

La transmisión de señales de televisión digital se va a llevar a cabo de manera paulatina mediante la inversión de parte de las radiodifusoras en equipamiento o sustitución de equipos, antenas de transmisión, de recepción, etc. y que en este informe se detallará de una manera objetiva.

PRÓLOGO

En este informe se da una descripción del estándar ISDB-T y como poder adecuar a la infraestructura existente las condiciones que se debe tener para efectuar la transición de la transmisión de la señal analógica a la transmisión de la señal digital en Lima.

Para ello el método de trabajo realizado para el informe es haber recogido la experiencia dada en países que han adoptado el estándar ISDB-T como Japón, Brasil y Argentina, además pruebas realizadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú para la decisión del estándar ISDB-T.

Cabe destacar que una sola torre que soporta una antena puede adaptarse a más antenas, verificando siempre que entre ellas no se produzca interferencias de ningún tipo.

Para este propósito, este trabajo desarrolla cuatro capítulos, los cuales son resumidos a continuación.

En el capítulo I se presentan los conceptos teóricos sobre las antenas utilizadas para la transmisión de las señales de televisión y describiendo las características técnicas acerca de la transmisión de la TDT usando el estándar ISDBT.

En el capítulo II se describe las múltiples ventajas de la transmisión digital sobre la transmisión analógica y las características de las antenas para la transmisión y recepción de la señal de la TDT.

En el capítulo III se describen los equipos para la generación de la señal digital terrestre.

En el capítulo IV se describen las consideraciones técnicas para las antenas de transmisión y recepción para televisión digital terrestre instaladas en la ciudad de Lima, además se realizó la recepción de la señal de TV Perú con una antena de estas características.

CAPITULO I MARCO TEÓRICO

1.1.- Introducción

En este capítulo se proporciona una perspectiva general sobre los diferentes tipos de antenas de televisión y sus características, así como las especificaciones técnicas del estándar ISDB-T.

Además se describirá los distintos elementos que integran un sistema de comunicación de imágenes en movimiento y los distintos subsistemas que intervienen en la codificación de una escena en una señal eléctrica y como a partir de estas se puede reproducir una aproximación a la escena original.

1.2.- La Antena

Es aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas, si bien sus formas son variadas, todas las antenas tienen en común el ser una región de transición entre una zona donde existe una onda electromagnética guiada y una onda en el espacio libre, a la que puede además asignar un carácter direccional.

La misión de la antena es radiar sobre la zona de cobertura en forma omnidireccional, mientras que en radiocomunicaciones fijas interesará que las antenas sean direccionales, asimismo, para poder extraer información se ha de ser capaz de captar en algún punto del espacio la onda radiada, absorber energía de esa onda y entregarla al receptor. Existen pues, dos misiones básicas de una antena: transmitir y recibir ondas.

Toda onda se caracteriza por su frecuencia (f) y su longitud de onda (λ), ambas relacionadas por la velocidad de propagación en el medio (c), habitualmente se relaciona por la siguiente ecuación:

$$\boxed{c = \lambda f} \quad (1.1)$$

Donde: $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

λ : longitud de onda

En la Tabla 1.1 contiene el conjunto de frecuencias o espectro de frecuencias se divide por bandas.

Tabla 1.1 Descripción de las bandas de frecuencias

Banda	frecuencia	Long. De onda	Denominación
ELF	< 3kHz	> 100 km	Extremely Low Frequency
VLF	3-30 kHz	100-10 km	Very Low Frequency
LF	30-300 kHz	10-1 km	Low Frequency
MF	0.3-3 MHz	1 000-100 m	Medium Frequency
HF	3-30 MHz	100-10 m	High Frequency
VHF	30-300 MHz	10-1 m	Very High Frequency
UHF	0.3-3 GHz	100-10 cm	Ultra High Frequency
SHF	3-30 GHz	10-1 cm	Super High Frequency
EHF	30-300 GHz	10-1 mm	Extremely High Frequency

1.3.- Tipos de antenas para la transmisión de televisión - Características

Los tipos de antenas disponibles pueden ser agrupados dentro de las siguientes categorías:

Top or side mounted

Polarización lineal o circular

Alta potencia o baja potencia

En la Tabla 1.2 se presenta la clasificación y sus características de las antenas usadas en las bandas VHF y UHF:

Tabla 1.2 Antenas comúnmente usadas para la transmisión en las bandas de VHF y UHF

Antenas de transmisión comúnmente usadas				
	Polarización Horizontal		Polarización Circular	
	Top Mtd	Side or Tower Mtd	Top Mtd	Side or Tower Mtd
VHF Banda baja	Batwing	Butterfly	TDM	
		Doublett		
		H-Panel		
VHF Banda alta		Butterfly	Spiral	TCP
		Doublett	Slot & Dipole	CBR
		H-Panel	Slot & Director	Arrowhead Ring
UHF		Doublett	Slot & Z Dipole	Slot & Dipolo
			Slot & Dipole	Slot & Dipolo
			Slot & Director	Slot & Director

El principal propósito de la torre es soportar la antena. La antena deberá tener las características de radiación requeridas para transmitir una señal satisfactoria al receptor. Es deseable cubrir la mayor área como sea posible, Las antenas serán ubicadas en torres altas 30, 45 o 60 metros.

El costo de una torre depende sobre la carga del viento presentada por la torre, la línea de transmisión y la antena.

Para antenas VHF, la carga del viento de la antena es el más significativo parámetro.

Para antenas UHF la línea de transmisión o guía de ondas es el factor más significativo.

La longitud de la antena está relacionada con el canal o la guía de onda y la ganancia requerida.

En la Tabla N° 1.3 se presentan las dimensiones típicas de las antenas de televisión, considerando su longitud de onda, longitud para máxima ganancia

Tabla N° 1.3 Dimensiones de antenas de televisión

Dimensiones de una antena típica			
	Longitud de onda	Longitud de la torre para máxima ganancia	Máxima ganancia
Low VHF	4.8 m	30 m	6dBd
High VHF	1.5 m	27 m	18dBd
UHF	0.6 m	36 m	60dBd

La antena omnidireccional ideal sería una de pequeño diámetro, infinitamente stiff pole. La más pequeña sección cross que pueda resonar es $\lambda/2$. Luego, la sección cross de la antena es también dependiente de la longitud de onda.

1.4.- Elementos básicos de los sistemas de comunicación visual

Para poder enviar una señal a través de las antenas debe realizarse una serie de pasos para poder transmitir una escena analógica hasta convertirla en señal digital (información) que va a ser transmitida a través del transmisor, como se observa en la Figura 1.1 desde un set de televisión se capta la escena real, se hace el procesado de la imagen la edición y luego la post producción para luego ser digitalizado.

Los distintos elementos que forman este sistema tienen como objetivo transmitir la escena tridimensional (además del audio) para que pueda ser visualizada por múltiples receptores.

En el caso más general, una escena puede ser representada como una función de 5 variables independientes: $F(x,y,z,t,\lambda)$, donde x, y, z representan la posición de un punto en

el espacio que radia con un determinado espectro radioelétrico visible λ y que , posiblemente debido al movimiento de los objetos, se modifica a lo largo del tiempo t .

El principio en el que se basan todos los sistemas de televisión actuales consiste en hacer un muestreo sobre esta función de cinco variables en el modo adecuado para obtener una función unidimensional (señal temporal) que pueda ser transmitida utilizando los sistemas de modulación convencionales.

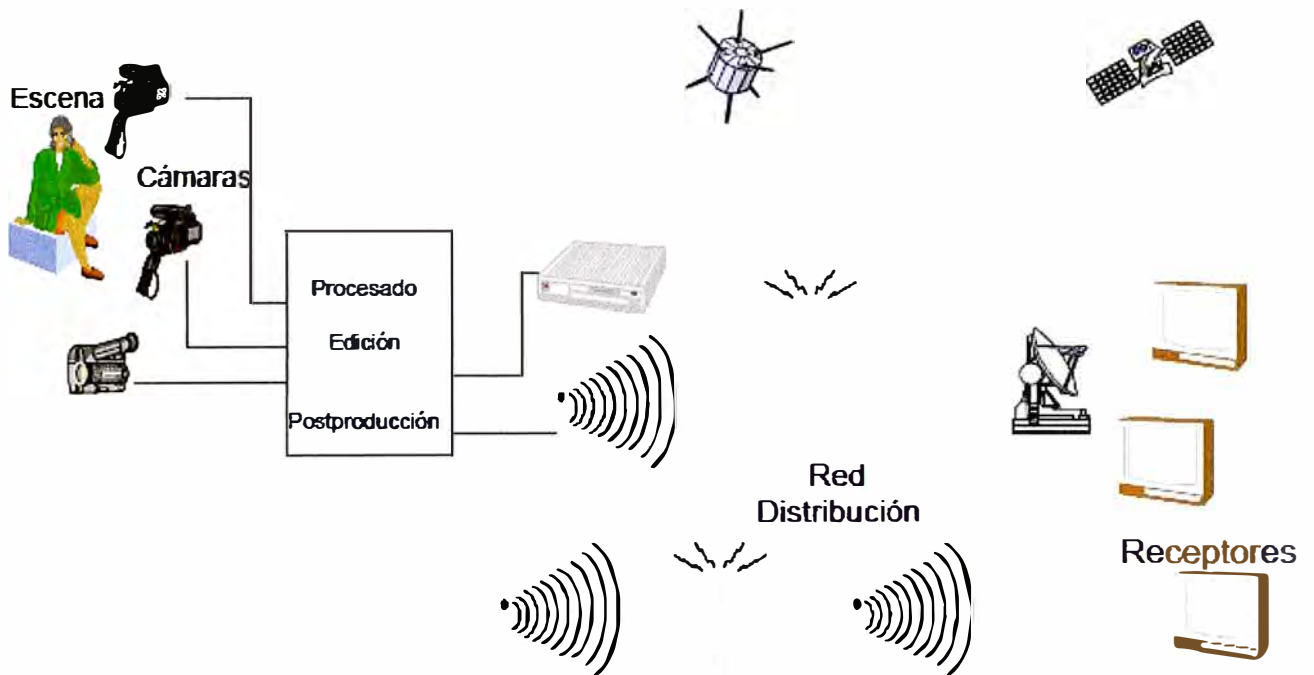


Figura 1.1 Diagrama general de un sistema de radiodifusión de señales de televisión

Etapas de muestreo y su función básica:

a) Separación en componentes de color

Toda la información contenida en la variable que determina que un punto radia con un determinado espectro radioelétrico visible que puede representarse mediante tres componentes discretas que corresponden a los colores primarios (rojo, verde y azul).

b) Proyección plana de la imagen

La escena se proyecta mediante un sistema óptico sobre un plano de imagen, en la Figura 1.2 se representa un esquema simplificado de una cámara en color de video en la que se incluyen los tres elementos básicos: grupo óptico, filtros dicróicos y sensores de imagen (además toda la información contenida en la variable λ puede representarse mediante tres componentes discretas que corresponden a los colores primarios rojo, verde y azul). El grupo óptico suele estar formado por varias lentes, cuya función es la de obtener una

imagen correctamente enfocada de la escena sobre el sensor de imagen (o sea se encarga de proyectar la escena sobre el plano de imagen y sobre este debemos situar un elemento sensor que nos proporcione información sobre característica de la luz en una región del plano de imagen) En efecto una cámara de video profesional suele utilizar, para mejorar la resolución de las imágenes, sensores de mayor tamaño que las cámaras domésticas.

e) Límites del sensor

La imagen de la escena sólo se considera dentro de los límites del sensor por lo que sus variables espaciales están acotadas dentro de estos límites. Veremos que el tamaño del sensor y su relación de aspecto tienen una incidencia directa sobre la resolución del sistema y la integración del espectador en la escena.

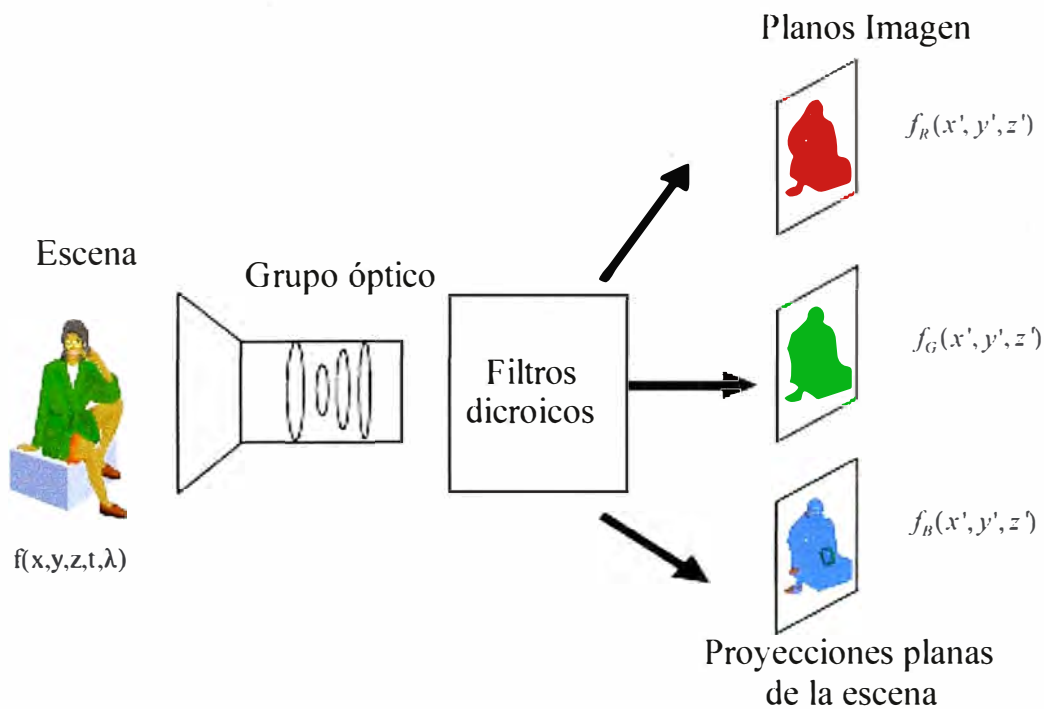


Figura 1.2 Proyección plana de la imagen

d) Muestreo temporal

Las imágenes pueden presentarse al espectador como una secuencia de fotogramas. Si esta secuencia es suficientemente rápida no pueden distinguirse de la información original.

e) Muestreo espacial (Líneas)

Es la última fase de muestreo de la escena antes de poder convertirla a una señal eléctrica analógica que aporte la información necesaria para su transmisión y reproducción, cada una de las imágenes se descompone en un número finito de líneas. Si este número es suficientemente elevado, el espectador será incapaz de percibir la diferencia con la imagen

original. Los sistemas de televisión analógicos surgen de manera natural a partir de este muestreo.

f) Muestreo espacial (Retícula)

En este caso la imagen se muestrea tanto en el sentido horizontal como en el vertical. Las muestras obtenidas constituyen la base de los sistemas de televisión digital.

1.5.- Parámetros técnicos para la transmisión y recepción de la señal en televisión digital terrestre

Sistema ISDB-T

El sistema utiliza un método de modulación OFDM con transmisión de banda segmentada (BST, band segmented transmission), que consiste en utilizar un conjunto de bloques de frecuencia básicos comunes denominados segmentos BST, para la transmisión de televisión terrenal, el espectro consiste de trece bloques sucesivos OFDM, también conocidos como segmentos OFDM. El ancho de banda utilizable es $BWTV \times 13/14$, correspondiendo a 5.57 MHz para un canal con $BWTV = 6$ MHz. Cada segmento tiene una anchura de banda correspondiente a $1/14$ de la separación entre canales de televisión terrenal que es de 6 MHz, lo cual equivale a 428.57kHz como se muestra en la Figura 1.3.

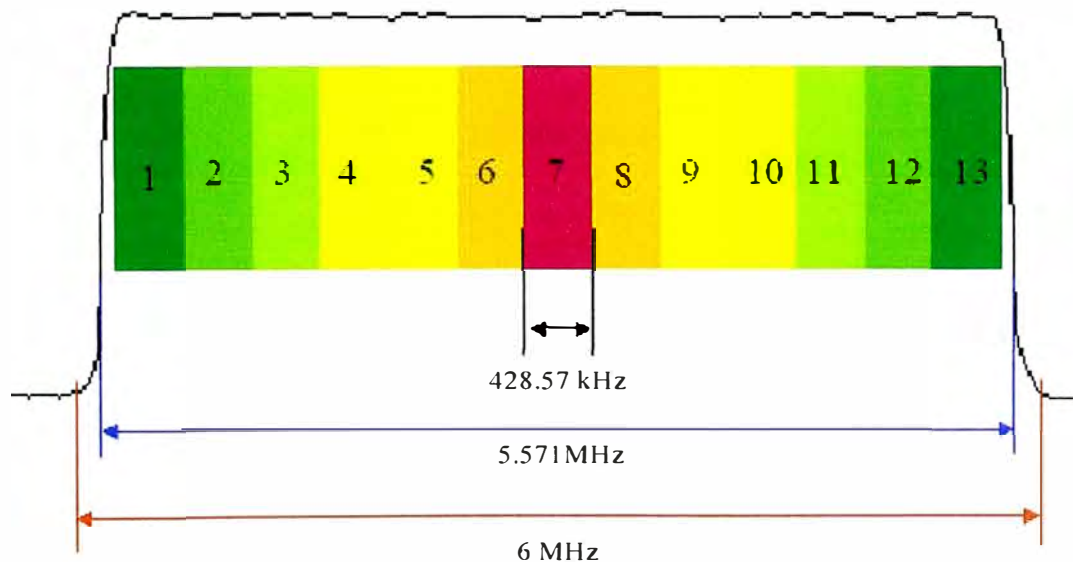


Figura 1.3 Trece segmentos OFDM en el ancho de banda del ISDB-T

En la figura anterior notamos que el ancho de banda utilizable no abarca los 6MHz, es debido a que existen intervalos de guarda. El intervalo de guarda es insertado entre los símbolos OFDM. En ese espacio de tiempo se inserta un réplica de la señal (prefijo cíclico). La duración del intervalo de guarda se mide en proporción al símbolo OFDM ($1/4, 1/8, 1/16$ y $1/32$). A mayor intervalo de guarda mayor protección de la señal a los

multitrayectos largos ocasionados por el canal, sin embargo, esto disminuye la eficiencia del sistema en el uso de banda.

Estructura del ISDBT.- En la Figura 1.4 se ilustra el esquema general de un sistema de transmisión digital bajo el estándar ISDB-T, el cual se compone por tres bloques funcionales, (1) Bloque de código fuente, (2) Bloque Múltiplex, y (3) Bloque de transmisión de código.

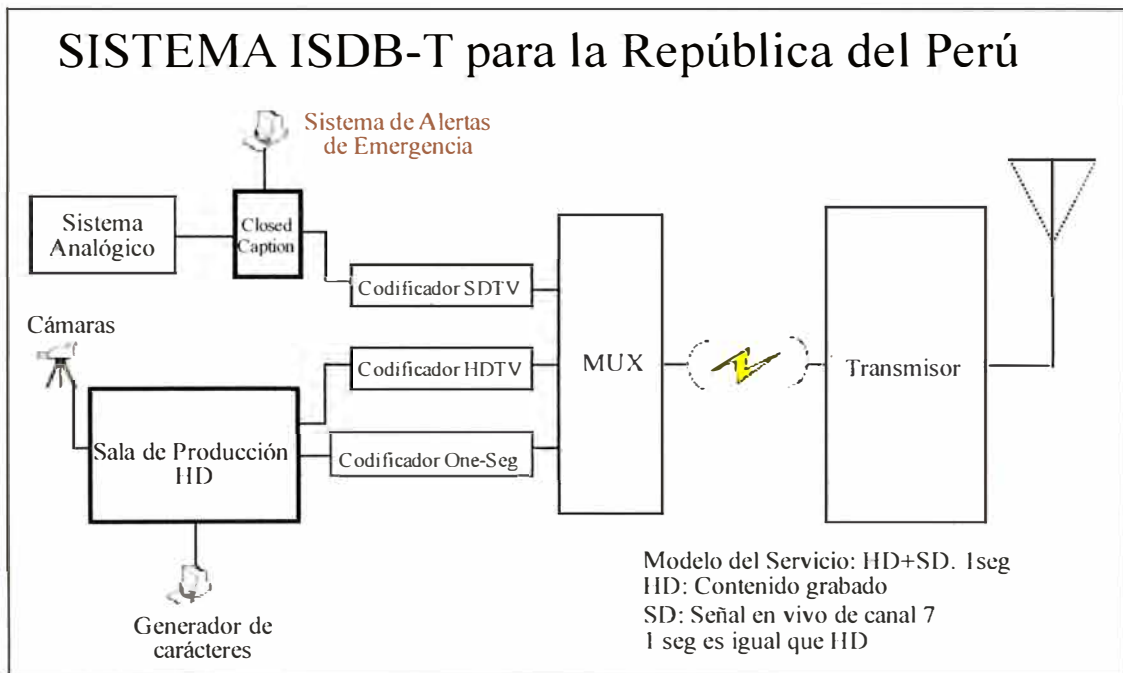


Figura 1.4 Sistema ISDB-T

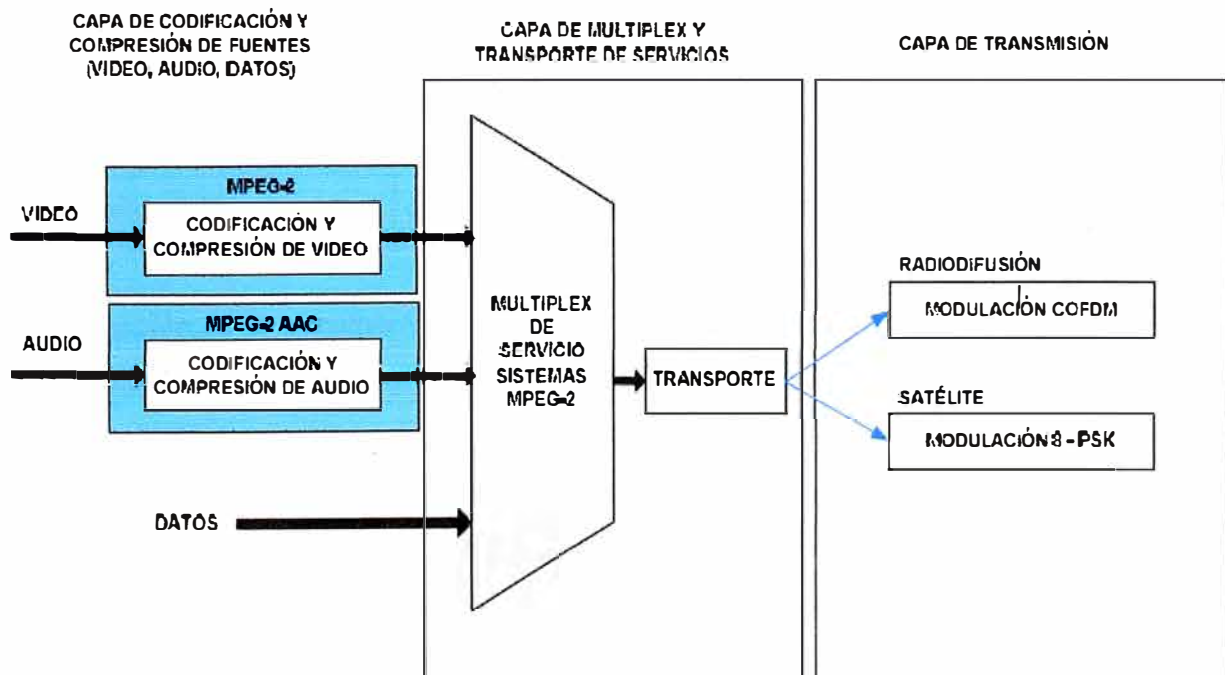


Figura 1.5 Sistema Básico del ISDB-T

En Japón, de acuerdo a la estructura del sistema de transmisión digital, las especificaciones de cada bloque funcional mostrada en la Figura 1.5, son estandarizadas basados en el estándar ARIB (Asociación de la industria y negocios de la radio-Association of Radio Industries and Business), en Japón, se llegó a determinar las características del estándar de transmisión digital terrestre que debería tener para así poder aplicarlo a su territorio, estas características se ilustran en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4 Características técnicas del ISDBT

N°	Ítem	Requerimiento	Requerimiento adicional
1	Alta calidad	HDTV en 6MHz de ancho de banda	
2	Robustez	Robustez contra multipad, ruidos urbanos, desvanecimiento y cualquier otra interferencia	
2	Flexibilidad		Posibilidad de HD/SD
2(1)	Del servicio	Cualquier servicio es posible en 6MHz de ancho de banda	
2(2)	De la recepción	Cualquier sistema de recepción es posible. Fijo/ móvil/ portátil en el mismo ancho de banda	
3	Utilización efectiva del recurso de frecuencias	Posibilidad de SFN (Single Frequency Network Isofrecuencia) para reducir frecuencias	
4	Interactividad	Armonización con la red	
5	Transferencia de datos		
6	Compatibilidad	Se requiere la máxima compatibilidad para reducir los costos de recepción. Especialmente en la radio digital, es deseable un estándar común	

La realización de la transmisión y recepción de la señal en televisión digital terrestre se da con el objetivo de saber el área de cobertura de la señal y la capacidad de recepción de la señal en TDT, para ello también se deben considerar otros aspectos, tales como: el protocolo de medición, consideraciones geográfica, el tipo, altura, orientación y polarización de la antena o sistema radiante, la verificación de la funcionalidad del equipamiento, conjunto de datos de medición y las consideraciones para el análisis.

Luego de establecido el estándar ISDB-T el ARIB estableció estándares y el ITU-R recomendaciones sobre la transmisión ISDB-T como se ilustra en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Resumen de plan de transmisión ISDB-T y estándares ARIB, recomendaciones ITU-R

	Ítem	Contenidos	Estándares ARIB	Recomendaciones ITU-R	
	Codificación de video	Video MPEG-2 (ISO/IEC 13818-2)	STD-B32	BT.1208	
	Codificación de audio	MPEG-2 AAC (ISO/IEC 13818-7)	STD-B32	BT.1115	
	Transmisión de datos	BML (XHTML), ECMA Script	STD-B24	BT.1699	
	Multiplexación	Sistemas MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1)	STD-B10, STD-B32	BT.1300, BT.1209	
	Acceso condicional	Multi 2	STD-B25	-	
Transmisión	Transmisión	Transmisión ISDB-T	STD-B31	BT.1306 Sistema C	
	Banda de canal	6 MHz, 7 MHz, 8 MHz			
	Modulación	OFDM segmentada (13 segmentos/canal)			
	Modo, guardia	Modo: 1, 2, 3 Tasa de intervalo de guardia: ¼, 1/8, 1/16, 1/32			
	Modulación por portadora	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK			
	Corrección de errores	Interior			Código convolutivo (Tasa de codificación: ½, 2/3, ¾, 5/6, 7/8)
		Exterior			(204,188) Reed-Solomon code
	Intercalación	Intercalación de tiempo y frecuencia Intercalación de tiempo: 0-0.5 seg.			
	Información de tasa de bitio (depende de los parámetros)	6 MHz: 3.7-23.2 Mbit/s 7 MHz: 4.3-27.1 Mbit/s 8 MHz: 4.9-31.0 Mbit/s			
Receptor	Receptor de ISDB-T	STD-B21	-		
Guía de operaciones	Operación de transmisión de ISDB-T	TR-B14	-		

CAPITULO II

ESCENARIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

2.1 Introducción

En este capítulo se muestra la evolución de la implementación del estándar ISDB-T en el Perú, así como la secuencia para su implementación. Se presentan los requisitos necesarios para que los telespectadores se adapten a esta nueva tecnología, las múltiples ventajas de la señal digital con respecto a la señal analógica y los conceptos sobre los parámetros de las antenas.

2.2 Problemática Actual

Debido a la reciente implementación de la señal digital terrestre en el Perú, los telespectadores en su mayoría desconocen cómo adaptarse a esta tecnología y cuáles son los pasos a seguir para poder recibir en sus televisores este tipo de señal, debido a ello, en este informe describiremos los conceptos teóricos para fundamentar las características que deben tener las antenas de recepción para captar una adecuada señal digital.

2.3.- Comparación de las características entre la televisión analógica y la televisión digital

2.3.1.- Acciones realizadas para la implementación de la TDT

21-02-2007 Se constituyó la Comisión Multisectorial encargada de recomendar al MTC el estándar de televisión digital terrestre (TDT) a ser adoptado en el Perú.

24-04-2009 Se adoptó el estándar ISDB-T (Japón).

22-09-2009 Se aprobaron las especificaciones técnicas mínimas de los receptores de TDT en el Perú.

29-03-2010 Se aprobó el Plan Maestro para la implementación de TDT en el Perú.

30-03-2010 Se aprobó el Plan de canalización de Televisión UHF de la localidad de Lima.

30-03-2010 Se inició las transmisiones en señal digital del IRTP, como se ilustra en la Figura 2.1.

31-03-2010 Se realizó el lanzamiento de la primera señal digital de una televisora privada ATV.

26-04-2010 Se aprueban los “Lineamientos Operativos para la Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el IRTP”.

En este acuerdo se describe la composición de señales que el IRTP debe implementar:

- a) Una Señal en alta definición (HD)
- b) Tres Señales Estándar (SD):
 - Señal 1: Para transmisión analógica digital simultánea
 - Señal 2: Para contenidos educativo-culturales
 - Señal 3: Para contenidos informativos y actos oficiales.
- c) Una Señal “One Seg” para dispositivos portátiles

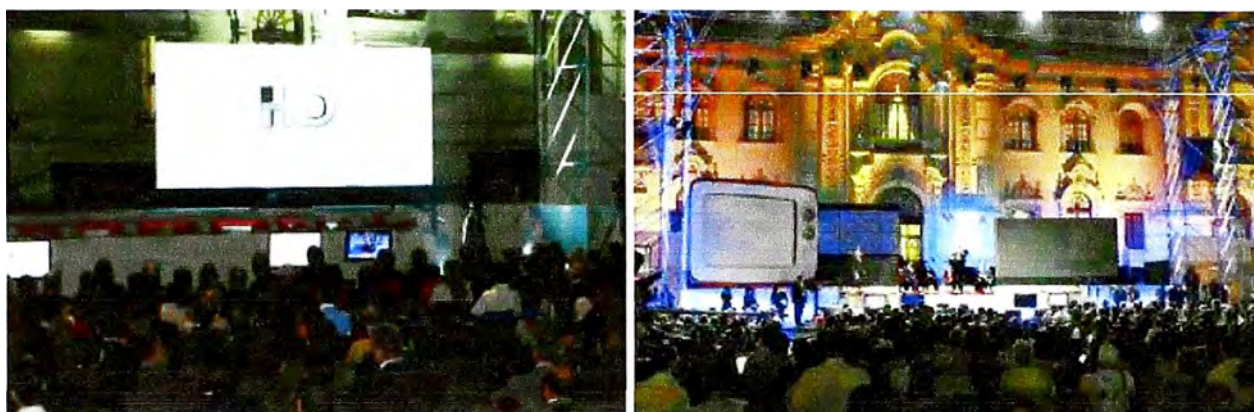


Figura 2.1 Lanzamiento de la señal del IRTP en el Palacio de Gobierno

2.3.2.- Transición Analógico – Digital

La implementación de la TV digital tiene 3 etapas:

1. Inicio de las transmisiones digitales
2. Transmisión simultánea analógica y digital (Simulcast)
3. Cese de las emisiones analógicas de los servicios de radiodifusión por televisión

Estas etapas se ilustran en la Figura 2.2

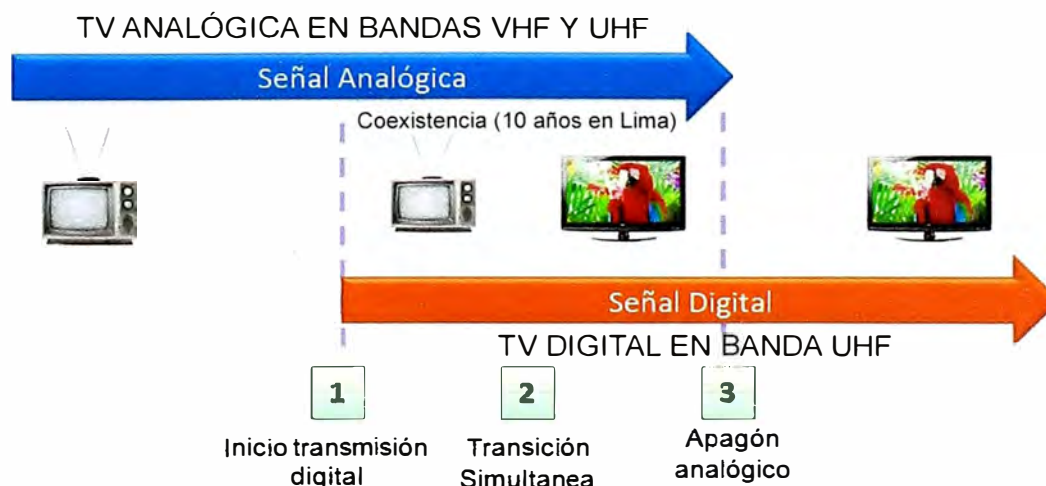


Figura 2.2 Transición entre la transmisión analógica y digital

2.3.3.- Cambios necesarios para recibir la señal de TDT por los usuarios

La configuración básica del receptor debe estar de acuerdo con la Figura 2.3 y debe estar compuesta por las siguientes unidades:

- a) Antena de recepción terrestre
- b) IRD (Integrated Receiver Decoder) o set top box
- c) Cable de conexión entre la antena y el receptor

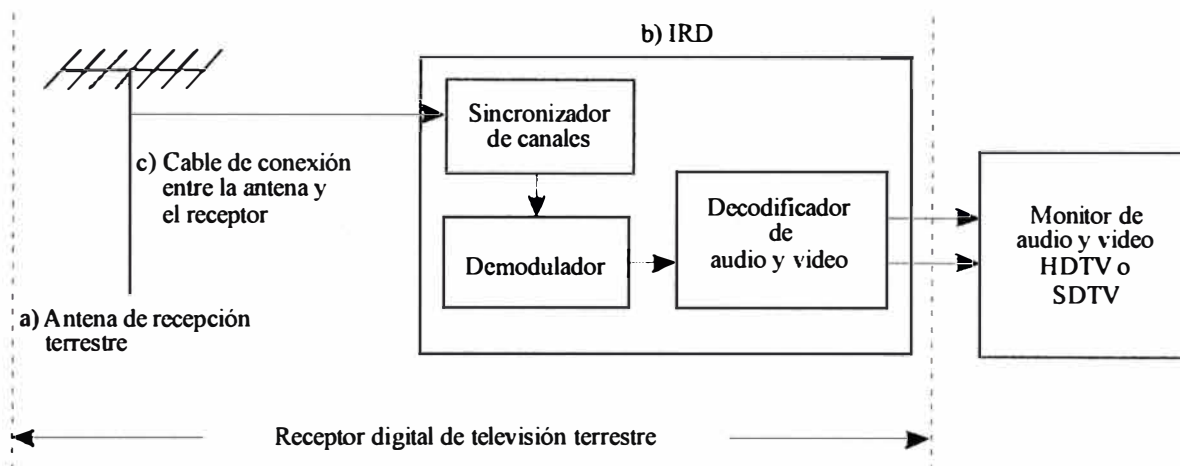


Figura 2.3 Diagrama básico de un receptor digital de televisión terrestre

A continuación se presenta un estudio acerca de las especificaciones de las unidades de recepción (antenas) de las señales de televisión digital terrestre.

Adaptación del televisor actual que no tiene receptor de señal digital

Los telespectadores que han tenido por varios años televisores que tienen sólo la capacidad de captar la señal analógica, se verán imposibilitados de recibir la señal de la televisión digital. Para ello deberá adquirir un equipo receptor (set top box) como es ilustrado en las Figuras 2.4 y 2.5.



Figura 2.4 Set Top Box para la recepción de la señal de TDT en un televisor común

Consecuentemente, el telespectador requiere de un decodificador para la recepción de televisión digital terrestre, cuyo procedimiento de instalación están detallados en la Tabla 2.1.



Figura 2.5 Set Top Box

Tabla 2.1 Instalación y Configuración del set top box

Instalación del equipo receptor	Configuración del Receptor	Instalación de la antena exterior
Enchufar el equipo receptor a un tomacorriente de 220V	Presionar el botón menú del control remoto del receptor	Debe colocar la antena UHF por encima de los 3 metros de la edificación.
Conectar la antena de recepción de la TV digital	Elegir la opción instalar	Luego conecte el cable coaxial de la antena con el equipo receptor
Conectar el televisor al equipo receptor mediante la entrada AV, HDMI, RF out	Se le solicitará el código de Seguridad. El mismo es 0000. Presione OK	Una vez conectados el equipo receptor a la TV se puede disfrutar de esta tecnología
	El equipo receptor trabajará por unos minutos y luego estará listo para captar todos los canales con señal digital de aire	

Sustitución del televisor actual que no tiene receptor de señal digital

El telespectador deberá adquirir un televisor con un receptor del tipo integrado (sintonizador digital), como es ilustrado en la Figura 2.6 y hacer la conexión de la antena a la entrada de antena con impedancia de entrada 75 Ohms que tiene el televisor en la parte posterior, tal como se muestra en la Figura 2.7.



Figura 2.6 Televisor con sintonizador digital incorporado

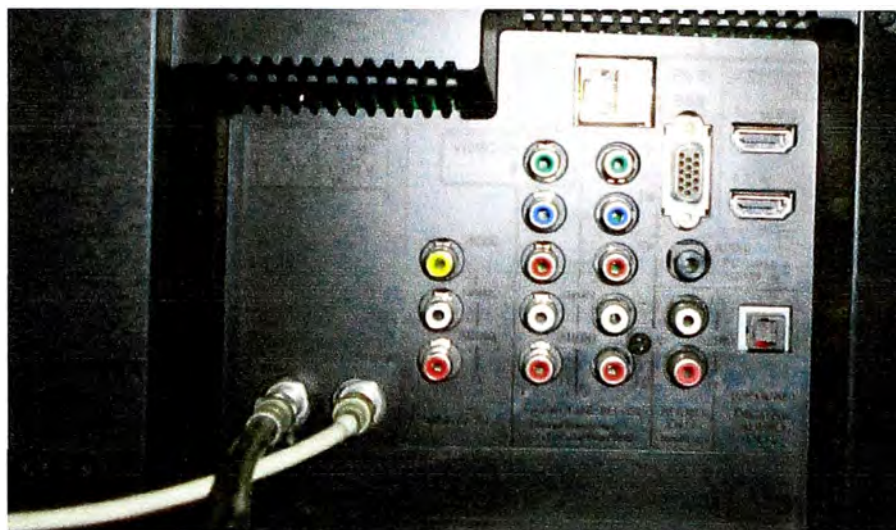


Figura 2.7 Conexión en la parte posterior de un televisor con sintonizador digital incorporado

Es deseable que los receptores de televisión digital terrestre, especialmente los de tipo integrado con monitor, dispongan en principio simultáneamente de las funciones de recepción de señales de televisión analógica y digital.

2.3.4.- Situación actual de la TDT en la ciudad de Lima

Para la ciudad de Lima se han asignado 10 canales digitales de gestión exclusiva:

1.	IRTP	(CH16)	Actualmente transmitiendo 7.1
2.	Andina Televisión	(CH18)	Actualmente transmitiendo 9.1
3.	Frecuencia Latina	(CH20)	Actualmente transmitiendo 2.1
4.	Red Global	(CH22)	Actualmente transmitiendo 13.1
5.	América	(CH24)	
6.	Panamericana	(CH26)	
7.	Alliance	(CH28)	
8.	TNP	(CH32)	
9.	Enlace	(CH34)	

10. Bethel (CH36)

2.3.5.- Ventajas de la televisión digital sobre la televisión analógica

1. Mejor calidad de recepción de video y audio

Desaparecen las interferencias, los fantasmas, entre otras deficiencias comunes en la televisión por aire.

En la transmisión analógica cuando se presenta ante un ruido blanco, ruido impulsivo u otro tipo de interferencia, se visualiza la señal en la pantalla como “ fantasmas” de la señal, sin embargo con la señal digital es posible apreciar una señal nítida de alta calidad. La calidad de la señal digital se encuentra relacionada con la ubicación de la antena receptora, que podría proporcionar una pantalla totalmente negra en caso no realice una adecuada recepción.

En las Figuras 2.8 y 2.9 se observa la capacidad de recuperación de la imagen con televisión digital, corrigiendo la imagen ante la presencia de distorsión y ruido.



Imagen con ruido blanco



Imagen corregida

Figura 2.8 Corrección y reducción de la distorsión



Imagen con ruido impulsivo



Imagen corregida



Imagen con distorsión por multitraversura (ecos)

Figura 2.9 Inmunidad al ruido y robustez

El ruido impulsivo es una perturbación causada por una fuente de emisión electromagnética externa, esta fuente puede ser cualquier objeto natural o artificial, un ejemplo de objetos artificiales pueden ser el funcionamiento de la secadora o la licuadora.

[23]

2. Posibilidad de emitir contenidos audiovisuales en Alta Definición.

En la Figura 2.10 se ilustra una alta calidad de imagen y sonido, para un programa transmitido en alta definición por TV Perú.

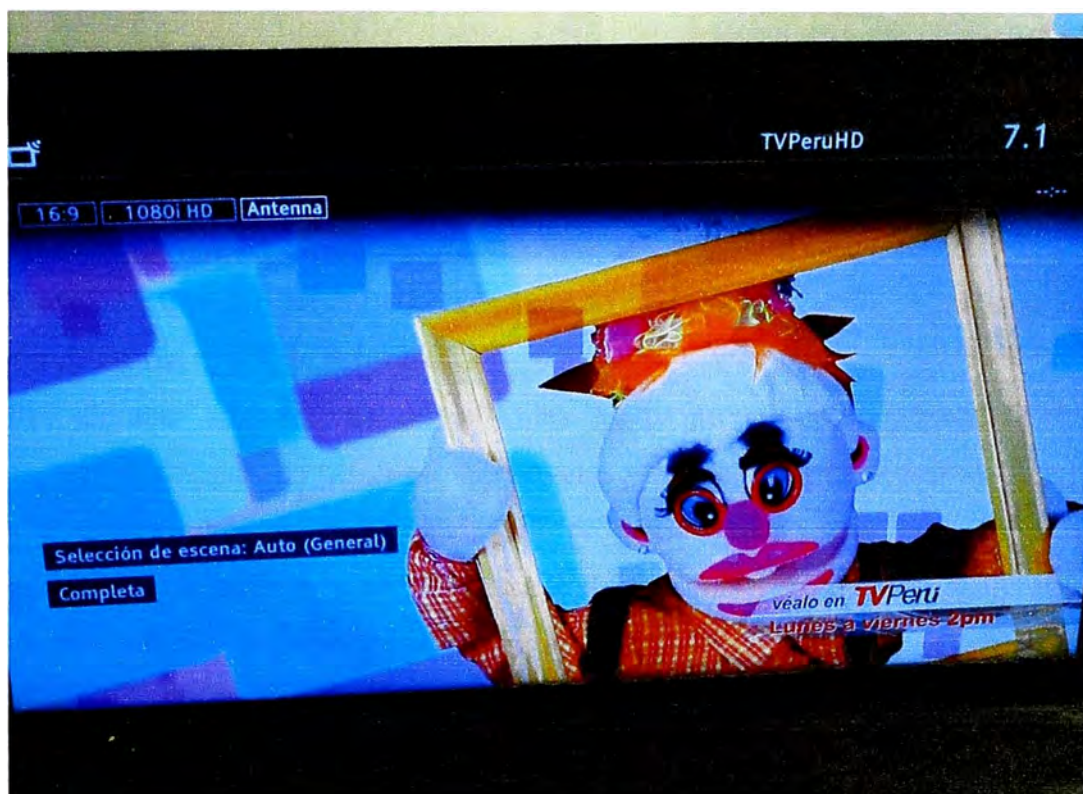


Figura 2.10 Emisión del Canal TVPeru en High Definition

3. Integración de servicios para Interactividad

Interactividad con retorno

Se viene desarrollando el Ginga, el sistema de middleware que es un software libre que permitirá el funcionamiento de las aplicaciones de interactividad de la TV digital, tales como: acceso a internet, operaciones bancarias, compras, envío de mensajes al canal de TV, emitir opinión, etc. Un ejemplo de la interactividad se ilustra en la Figura 2.11.

Además este middleware permite que los contenidos de TV digital sean exhibidos en diferentes sistemas de recepción, independiente del fabricante o del tipo de receptor, pues el Ginga acepta TV, celulares, computadoras de mano (PDAs) o TV paga, como cable y satélite, entre otros. El Middleware Ginga ofrece código abierto y libre, además de interface con internet e interface gráfica.



Figura 2.11 Con la interactividad con retorno se puede opinar sobre los programas

Interactividad sin canal de retorno

Posibilita algunas aplicaciones relacionadas al programa como visualizar múltiples cámaras, recibir sinopsis de películas, telenovelas y series, informaciones sobre jugadores, actores y aplicaciones no relacionadas al programa, como una guía electrónica de programación como se ilustra en la Figura 2.12, noticias y boletines, juegos residentes, previsión del tiempo e informaciones del tráfico.

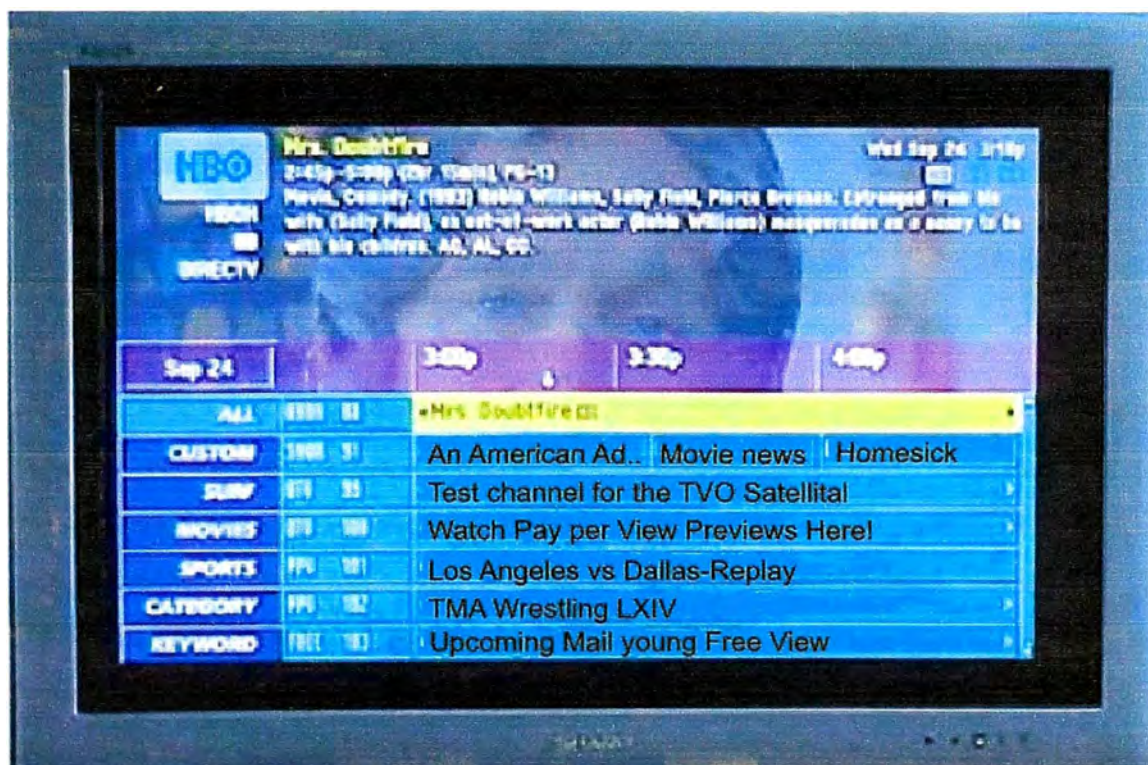


Figura 2.12 Guía de programación de varios canales

4. Ahorro de energía en los transmisores

Debido a que las señales digitales son inmunes al ruido, la potencia del transmisor es menor aproximadamente 1/10 de la potencia de transmisión analógica, esto se debe a la superposición de la emisión de señales de 2 ó más estaciones de transmisión ya que operan en redes de frecuencia única (SFN) que se detallan en el punto 4.8.1.

5. Posibilita la recepción portátil y móvil de las señales transmitidas

La recepción portátil se refiere a la señal que puede ser recibida en un terminal portátil como un celular, palm, laptop, etc. y la recepción móvil se refiere a que la televisión puede recepcionar la señal dentro de un carro, autobús, tren que estén en movimiento, siempre que el terminal esté dentro de la cobertura de la señal, la movilidad y portabilidad se ilustra en la Figura 2.13.

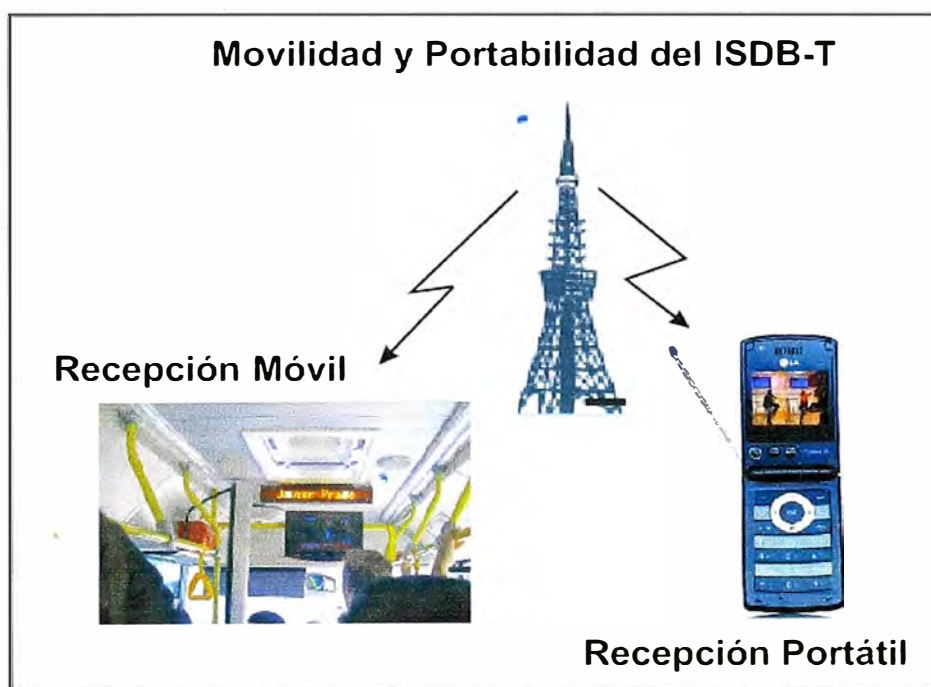


Figura 2.13 La señal se transmite hacia los móviles

6. Un mejor aprovechamiento del espacio radioeléctrico.

La posibilidad de tener un mayor número de contenidos en un mismo ancho de banda. De esta manera, se tendrá una mayor oferta de programas ya que por cada canal se podrá transmitir hasta 6 canales digitales de televisión en formato SD (Standard Definition) y un One seg, o 2 canales en formato HDTV (High Definition) y un one seg.

El ISDB-T utiliza la modulación OFDM segmentada (13 segmentos / canal) que permite la transmisión de hasta tres programas utilizando el mismo ancho de banda de TV, modulando cada uno con diferentes niveles de potencia, de acuerdo a la aplicación de cada programa. [1]

Es posible transportar en el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico de 6MHz varios programas de televisión digital con definición estándar (SDTV), o transportar al menos uno de alta definición (HDTV).

La tecnología ISDBT adoptada por el Perú establece que a través de su respectiva frecuencia, cada operador transmitirá una señal principal en Alta Definición (HD-High Definition), la que será de libre acceso y se replicarán para celulares. Técnicamente el operador tiene la opción de emitir otras tres señales en Definición Estándar, (SD-Estándar Definition), de menor calidad, y una especial para celulares y receptores portátiles llamada “one seg”, como se ilustra en la figura 2.14.

Estructura segmentada del ISDB-T

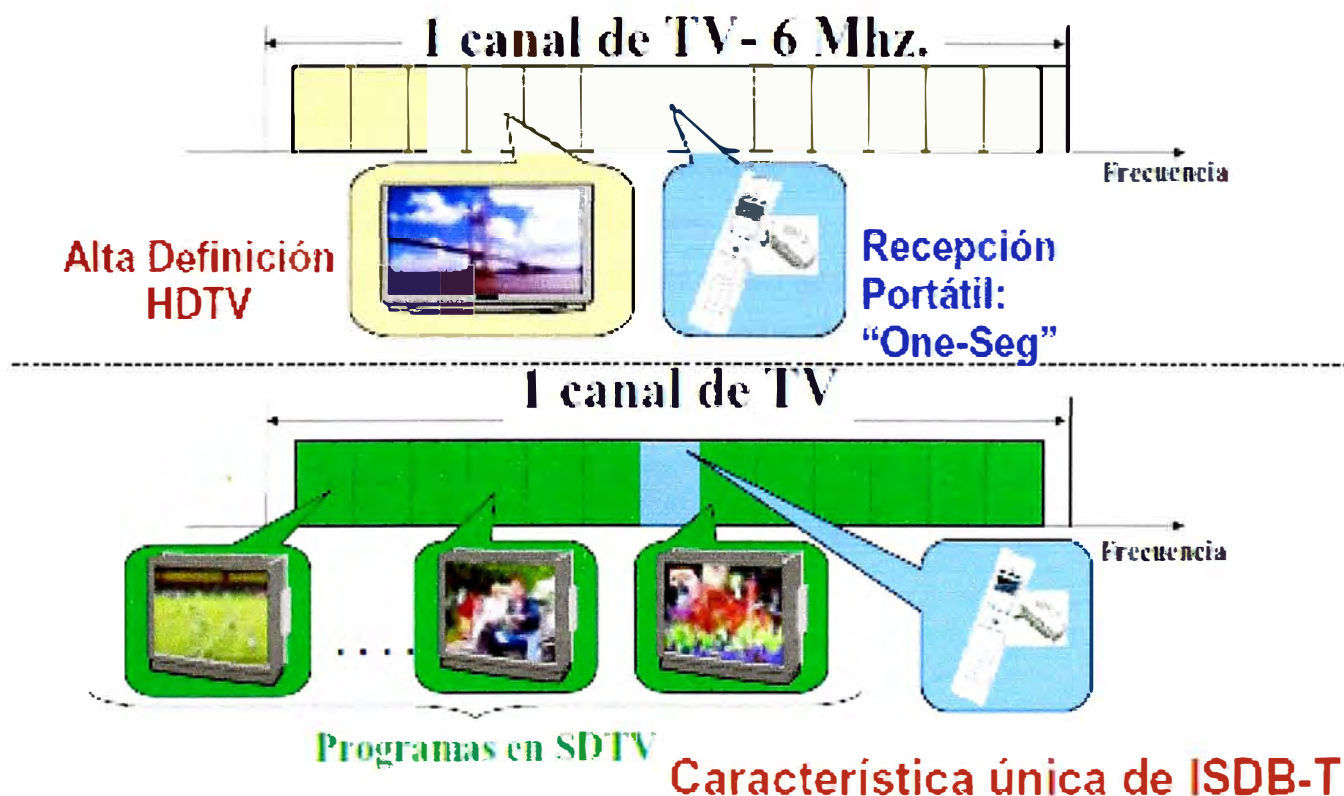


Figura 2.14 Multiprogramación

La diferencia entre un programa HDTV y uno de SDTV está en la resolución, es decir la nitidez de la imagen transmitida, Una posible programación por parte de una radiodifusora se ilustra en la Figura 2.15.

7. Acceso a internet.

ISDB-T usa la plataforma ARIB que permite opciones de interactividad, ISDB-T proporciona servicios con transmisión de datos tales como internet de banda ancha.

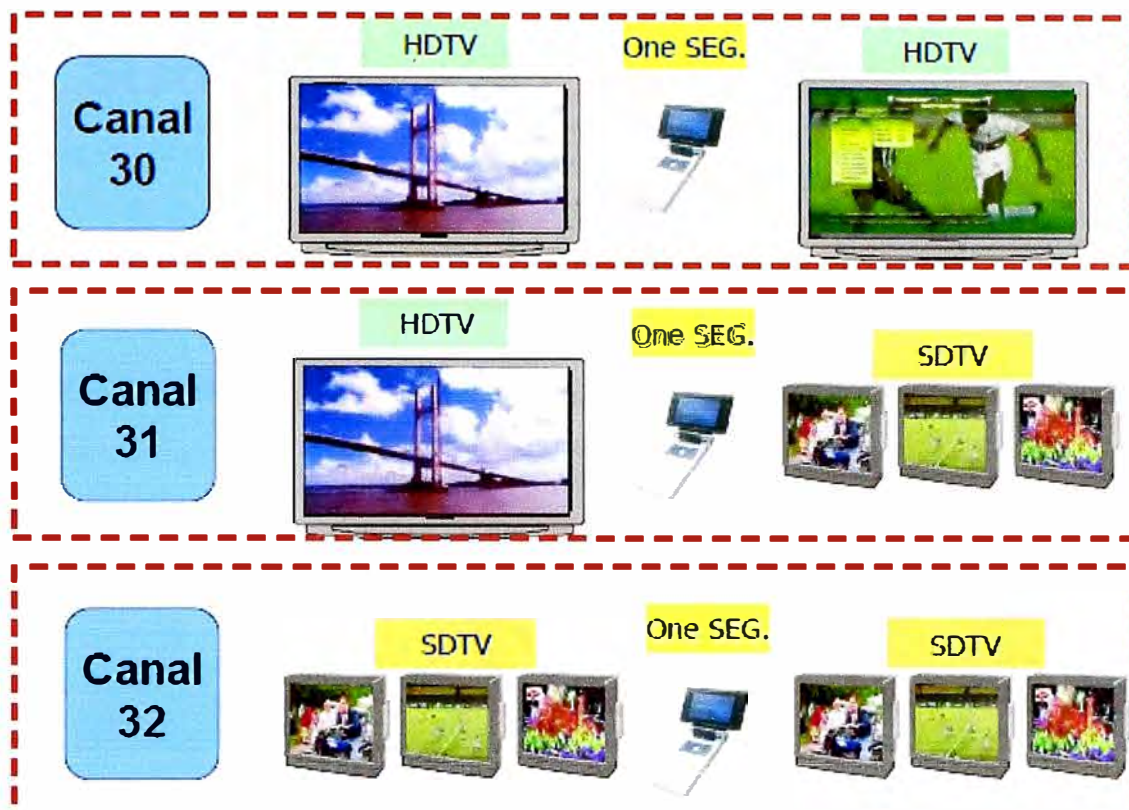


Figura 2.15 Un canal puede transmitir varios programas

8. Se optimiza el uso del espectro radioeléctrico.

Uso de los canales adyacentes, tal como se ilustra en la Figura 2.16.

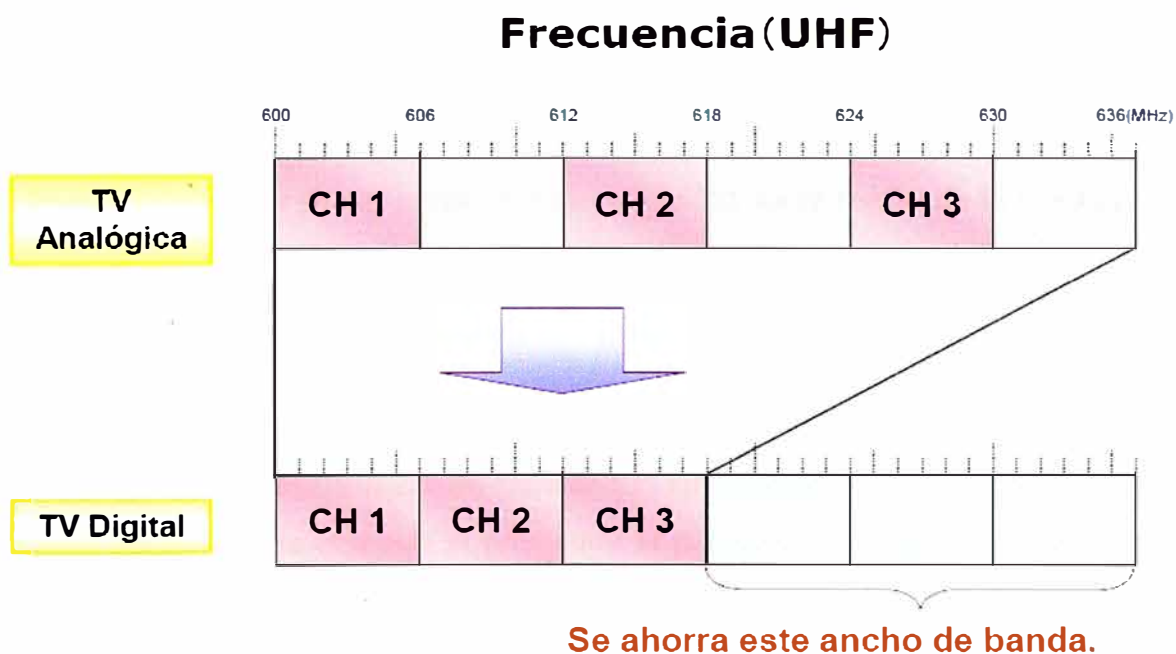


Figura 2.16 Uso eficiente del espectro eléctrico

9. Posibilidad de activar mensajes a la población

Se puede informar a la población sobre prevenciones de desastres naturales (close caption) como se ilustra en la Figura 2.17.

Sistema de Alerta de Emergencias



Activar Alerta de Emergencia en el caso de desastres naturales

Figura 2.17 Se pueden enviar mensajes de emergencia a la población

2.4.- Parámetros de las Antenas de Transmisión

2.4.1.-Potencia de transmisión de las antenas

Potencia de transmisión

En general la potencia de un transmisor se refiere “al valor medio de la potencia en un ciclo de la señal de Radiofrecuencia suministrada por el transmisor a la línea de alimentación de la antena”

Se distinguen varias potencias:

Potencia de Portadora.- Es el valor medio de la potencia suministrada a la línea de alimentación de la antena, durante un ciclo de RF, en ausencia de modulación.

Potencia Media.- Es la obtenida al promediar la potencia entregada por el transmisor en un tiempo suficientemente grande comparado con el periodo correspondiente a la componente de frecuencia más baja que exista en la señal de modulación. Normalmente se tomará un tiempo de 0,1 segundo en condiciones de máxima modulación.

Potencia de Cresta (o Pico) de Envolvente (PEP).- Es la potencia suministrada por el transmisor durante un ciclo de RF coincidiendo con el valor máximo de la envolvente de modulación.

En el caso de modulaciones de Frecuencia o Fase las potencias anteriores son todas iguales, ya que la amplitud de la señal no cambia con el tiempo.

Eficiencia de un Transmisor.- Se define de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{\text{Potencia de señal entregada a la antena } P_s}{\text{Potencia consumida de la fuente de alimentacion } P_{\text{fuente}}} \quad (2.1)$$

Donde: η =Eficiencia del Transmisor

En los transmisores el rendimiento determina la cantidad de potencia eléctrica consumida por la red, además nos indica la cantidad de potencia consumida y no transmitida por la antena que se convierte en calor y que hay que disiparlo por medio de sistemas de refrigeración, como se ilustra en la Figura 2.18.

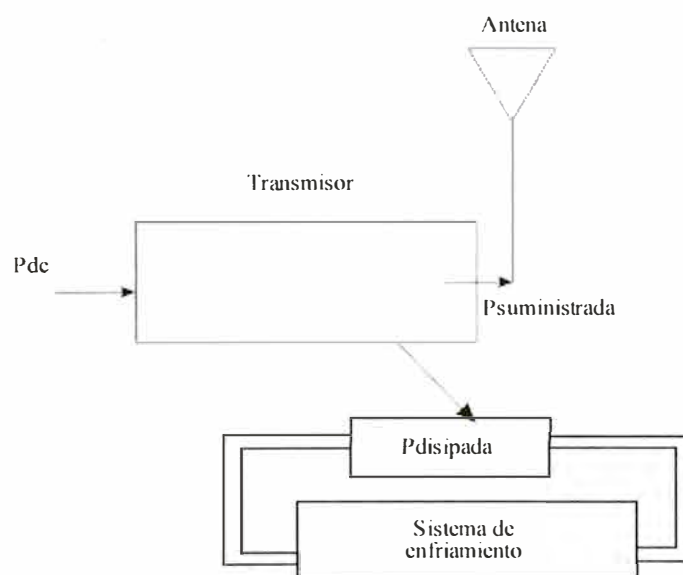


Figura 2.18 Sistema de refrigeración para controlar la potencia disipada por el transmisor. Sobre la potencia de transmisión de las antenas, es suficiente con tener un transmisor que trabaje a 1Kw como el Diamond CD DHD8P1, además la potencia requerida para transmitir la señal digital es aproximadamente el 10% de la potencia requerida para transmitir la señal analógica, en la Figura 2.19 se presenta los bloques de un transmisor.

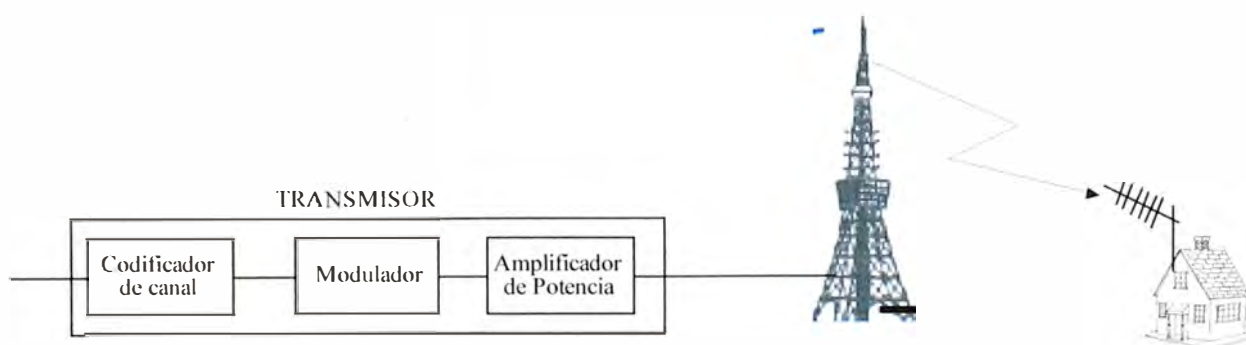


Figura 2.19 Bloques de un transmisor

2.4.2.- Cobertura actual de la señal de la televisión digital terrestre

La intensidad y cobertura de la señal se obtiene mediante simulaciones y cálculos a nivel de campo, tomando como parámetros diferentes datos como los geográficos, potencia de transmisión, el mapa de cobertura de una señal es una aproximación y no puede tomarse como definitiva, ya que al empezar a transmitir la señal de una radiodifusora puede llegar a puntos donde no se establecía en el mapa de cobertura.

En la Figura 2.20 se visualiza los niveles de intensidad de campo de la señal digital del IRTP canal 16 determinados por el MTC que se muestran en el anexo C.

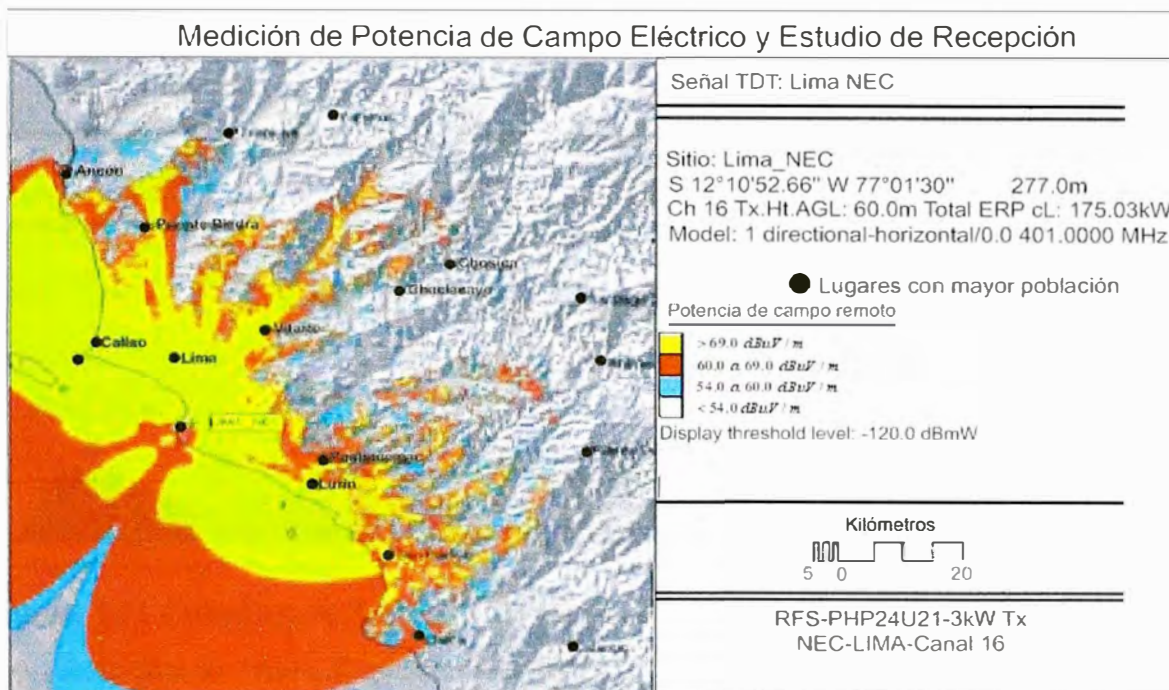


Figura 2.20 Mediciones realizadas por el MTC.

En la Figura 2.21 se ilustra la información de cobertura proporcionada por el diario El Comercio (30-06-10 Sección “Vida y Futuro”) en la cual se observa que la señal digital sólo llega a algunos distritos de la Ciudad de Lima.

2.4.3.-Ganancia de las Antenas

La ganancia de una antena receptora es la relación entre la tensión máxima captada por la antena y la tensión máxima captada por un dipolo:

Siendo: V_{antena} : Tensión entregada por la antena de prueba

V_{dipolo} : Tensión entregada por una antena dipolo

En decibelios (dB) se tiene:

$$G = 20 \log \left(\frac{V_{antena}}{V_{dipolo}} \right) \text{ en dB} \quad (2.2)$$

El fabricante suministra este dato en dB, por tanto una antena de ganancia $G_1=10$ dB, entrega menos nivel de señal que otra antena de ganancia $G_2=15$ dB, en las mismas condiciones de recepción.



Figura 2.21 Cobertura de la señal de la televisión digital terrestre (Fuente El Comercio)

2.4.4.- Relación de Onda Estacionaria (ROE)

La relación de onda estacionaria (ROE) es el cociente entre el mayor y menor valor de amplitud de onda.

$$ROE = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (2.3)$$

El coeficiente de reflexión (CR) se obtiene a partir de la ROE:

$$CR = \frac{ROE - 1}{ROE + 1} \quad (2.4)$$

Lo ideal es que no haya reflexión $CR=0$ entonces el valor óptimo de la ROE es 1, normalmente las antenas tienen valores de ROE entre 1.05 y 1.2 [22].

Se debe tener un buen cable entre el transmisor y la antena (es decir, que tenga poca atenuación) ya que tiene la proporción de que perder 3 dB significa dividir la potencia entre 2, además tenemos que tener los conectores adecuados.

La ROE debe ser menor a 1.2, la señal de emisión es menos sensible a la señal reflejada, la señal reflejada puede dañar el transmisor [22].

2.4.5.- Polarización de las Antenas

La polarización de una antena en una dirección es la polarización de la onda radiada por ella en esa dirección. La polarización de una onda es la figura geométrica determinada, al transcurrir el tiempo, por el extremo del vector campo eléctrico en un punto fijo del espacio en el plano perpendicular a la dirección de propagación. Para ondas con variación temporal sinusoidal esa figura es en general una elipse, pero hay dos casos particulares de interés: si la figura trazada es un segmento, la onda se denomina linealmente polarizada y si es un círculo, circularmente polarizada.

El sentido de giro del campo eléctrico, tanto en las ondas circularmente polarizadas como en las elípticas, se dice que es a derecha si sigue el convenio de avance en la dirección de propagación, o bien si al alejarse la onda de un observador, este ve rotar el campo en el sentido de las agujas de un reloj, y a izquierda si es el sentido contrario.

La mayoría de antenas se pueden utilizar con polarización horizontal y vertical. Asimismo, las antenas pueden utilizarse como transmisoras y como receptoras conservando invariables sus parámetros principales.

Polarización Horizontal

Asume que las ondas electromagnéticas sufren menos reflejadas y son menos atenuadas.

Polarización Vertical

Asume mejor por culpa de la posición de las antenas de dispositivos portátiles y móviles.

La Polarización de una antena se ilustra en la Figura 2.22.

2.4.6.- Patrón de Radiación de las Antenas

El diagrama de radiación es una representación gráfica de las características de radiación de una antena en función de las distintas direcciones del espacio (dirección angular) y siempre a una distancia fija; es una figura tridimensional similar a la mostrada en la Figura 2.23 donde se utiliza el sistema de coordenadas esféricas.

En un diagrama de radiación se puede observar diversos elementos denominados lóbulos, siendo uno el principal y el resto secundarios. El tamaño de cada lóbulo indica el nivel de recepción que tendremos en dicha dirección tal como se muestra en la Figura 2.24.

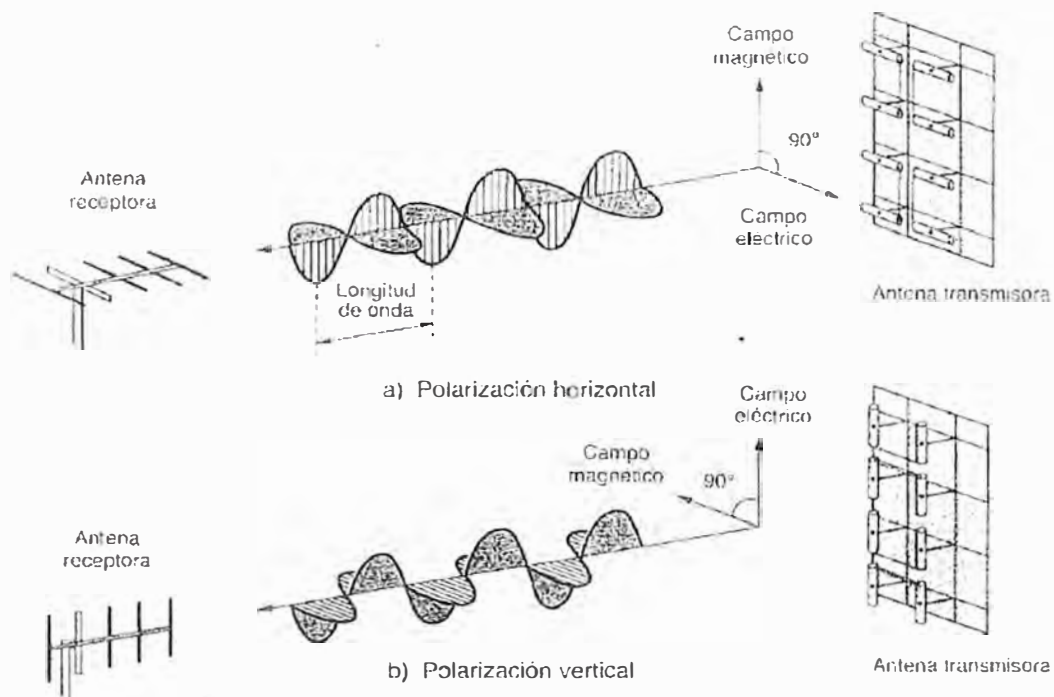


Figura 2.22 Polarización Horizontal y Vertical de una antena

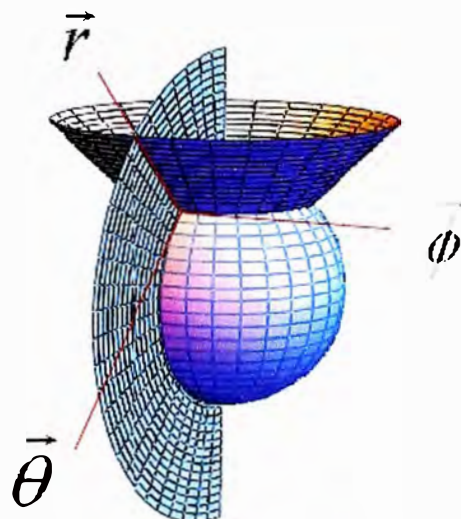


Figura 2.23 Diagrama de Radiación de una antena en coordenadas esféricas

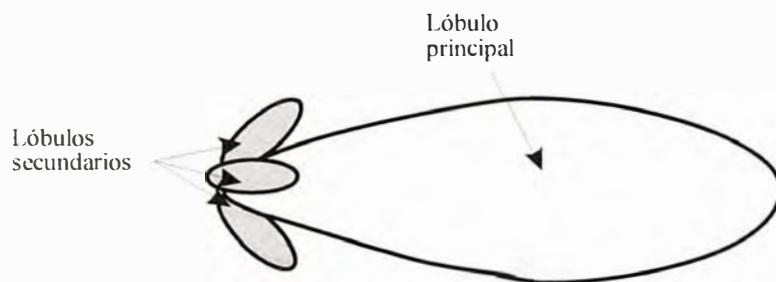


Figura 2.24 Lóbulos presentes en un diagrama de radiación

De este diagrama de radiación, se obtienen los planos horizontal y vertical; ilustrándose de la forma de un corte en horizontal a dicho diagrama y otro corte en vertical. En la Figura

2.25 se representa una sección horizontal de un diagrama de radiación. En dicha sección, se puede observar los niveles de cada lóbulo, tanto del principal como del secundario, así como obtener la relación entre ellos. Un parámetro importante que se obtiene es el ángulo de apertura o abertura.

El ángulo de apertura o abertura nos indica los puntos en los que la ganancia de la antena disminuye 3 dB respecto al valor máximo (esto es igual a 0,707 como valor máximo, según indica en la Figura 2.26. Es dentro de este ángulo donde se considera que la señal captada por la antena es la adecuada.

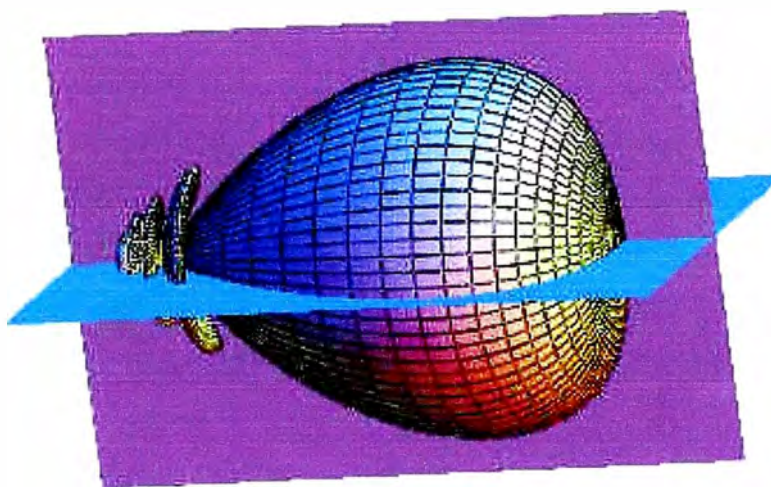


Figura 2.25 Corte horizontal y vertical de un diagrama de radiación tridimensional

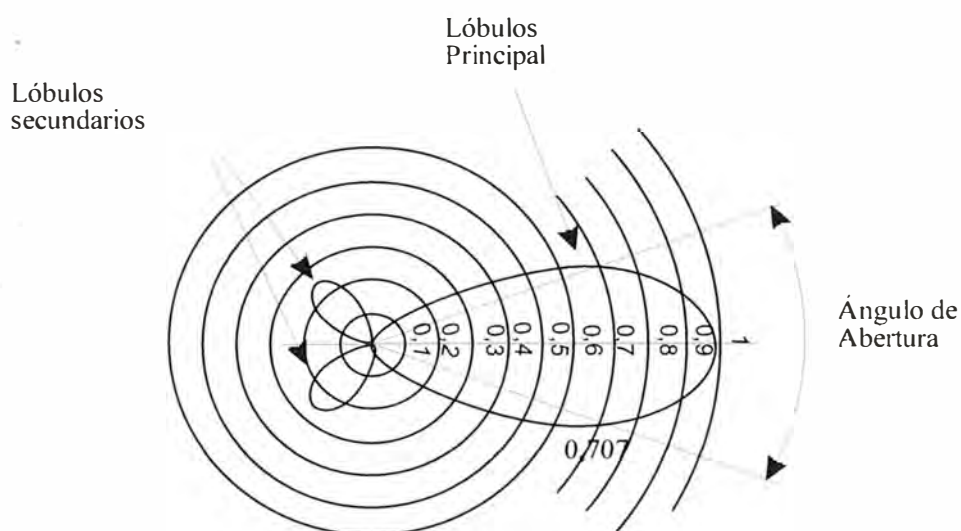


Figura 2.26 El ángulo de abertura indica los puntos donde la potencia decae a la mitad de la potencia máxima

El corte vertical de la Figura 2.23 ilustra el diagrama en dos dimensiones como se muestra en la Figura 2.27.

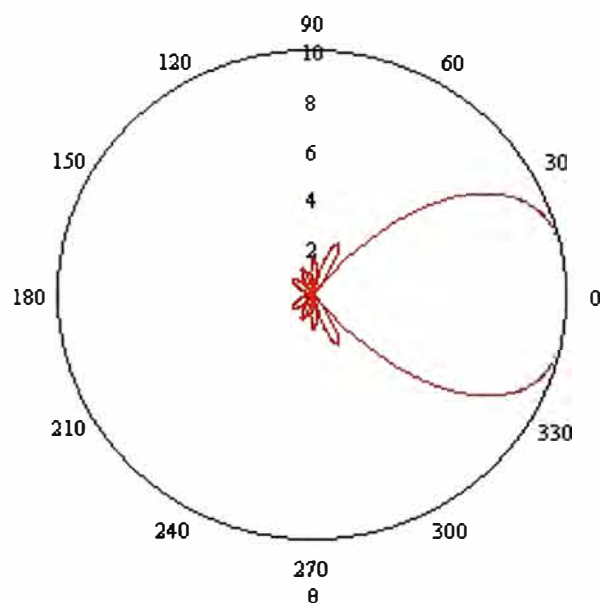


Figura 2.27 Representación de un corte bidimensional en coordenadas polares

También se puede representar este diagrama en otros ejes como son las coordenadas cartesianas como se ilustra en la Figura 2.28.

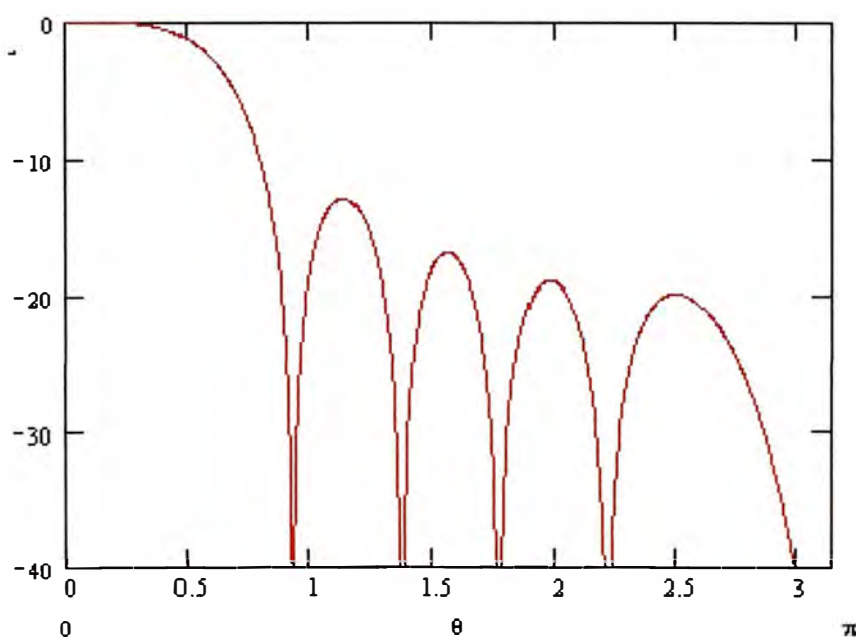


Figura 2.28 Representación de un corte bidimensional en coordenadas cartesianas y logarítmicas

Diagrama de Radiación obtenido del protocolo de pruebas de movilidad hechas por el MTC para la determinación del estándar digital en Perú

- Sistema irradiante

Marca RYMSA

Opera en la banda UHF

Está formado por un arreglo de 32 paneles distribuidos en 24 paneles horizontales y 8 paneles verticales

Ganancia del arreglo 14.68 dBd

Orientación del sistema irradiante: 0° y 100°

La altura del centro de radiación es de 28 metros

En la Figura 2.29, se ilustra el diagrama de radiación del sistema radiante donde los lóbulos principales están orientados en 0° y 100° , de esta forma se busca llegar a Puente Piedra y Carabaylo por el Norte y por el Sureste a Lurín.

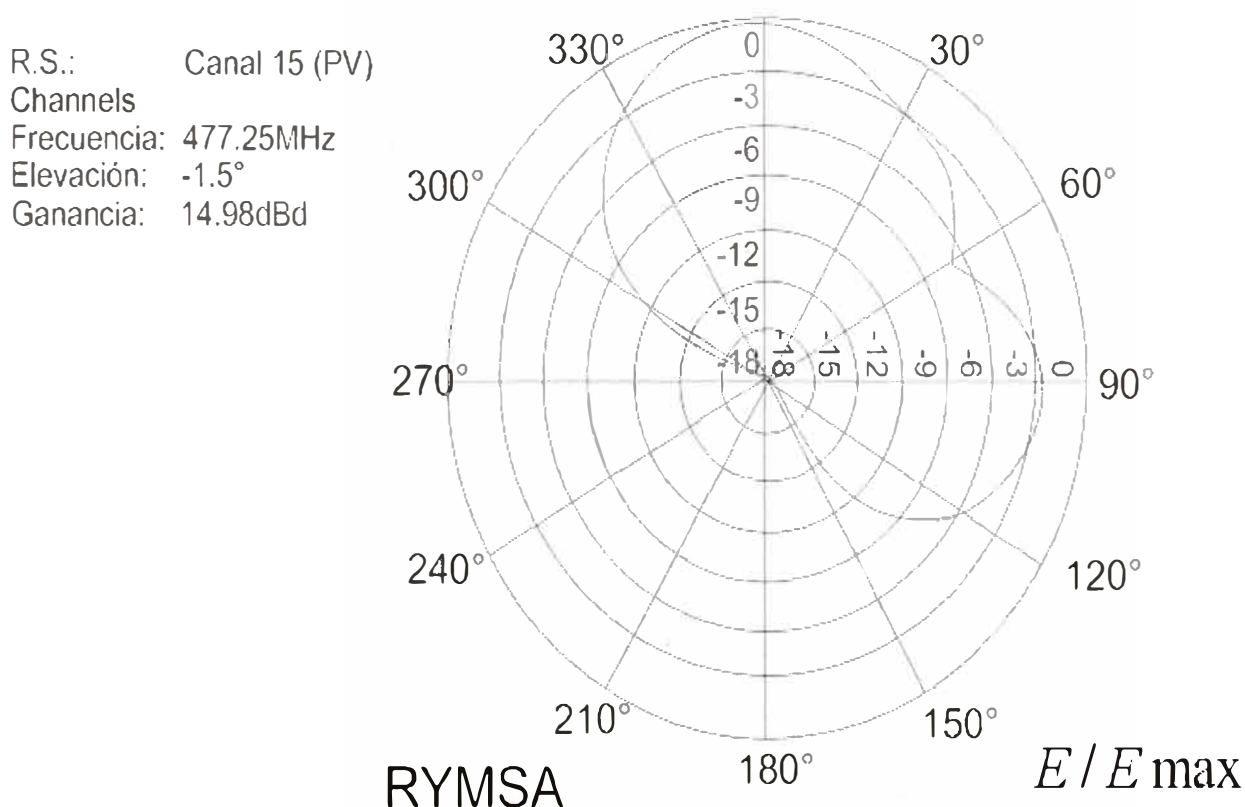


Figura 2.29 El patrón de radiación con forma de una cardioide para Lima Metropolitana

En la Figura 2.30 se analiza la relación E/E_{max} vs el ángulo de elevación que se ve los receptores, donde el Azimuth es de 345° apuntando hacia la zona de Ventanilla, se observa que el sistema irradia casi en su totalidad hacia el horizonte (elevación de 0°), en cambio si se está muy cerca de la estación (elevación de -20°) no se tendrá buena señal.

El sistema irradiante tiene como objetivo cubrir el área de Lima Metropolitana, como las transmisiones se realizan desde el Morro Solar, entonces la mejor forma de cubrir Lima es generando una patrón de radiación que tenga la forma de un cardioide, como es ilustrado en la Figura 2.31.

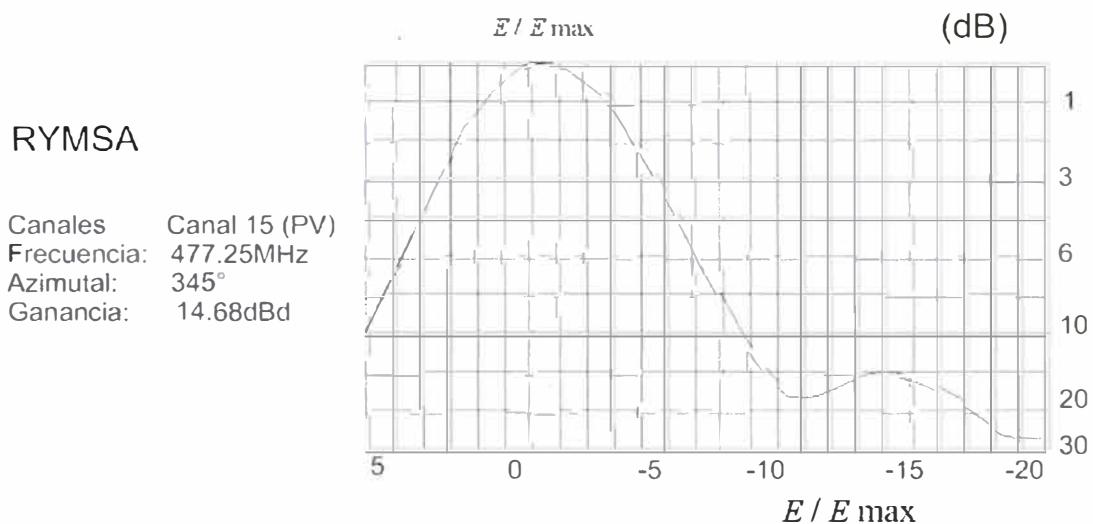


Figura 2.30 Patrón de radiación del arreglo de antenas utilizado en las pruebas de campo hechas por el MTC para la elección del estándar ISDB-T



Figura 2.31 Transmisión de la señal desde el Morro Solar con diagrama de radiación de la forma de una cardioide

En ciudades donde la antena de transmisión va a ubicarse en el centro de la ciudad como se ilustra en la Figura 2.32, se busca un patrón de radiación circular, ver Figura 2.33.



Figura 2.32 Ubicación de la antena al centro de la ciudad

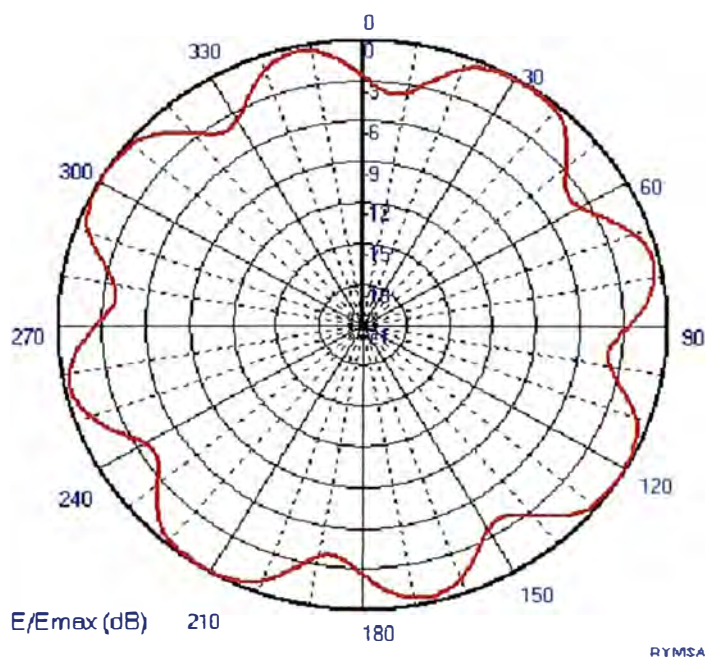


Figura 2.33 Patrón de radiación de una antena ubicado en el centro de una ciudad

2.4.7.- Relación delante/atrás (D/A)

Por definición, es la relación, expresada en dB, entre la ganancia máxima del lóbulo principal de la antena y la ganancia máxima de cualquier lóbulo comprendido entre 90° y 270° respecto al lóbulo principal. Sin embargo, los fabricantes suelen suministrar el dato respecto a 180° (por detrás) del lóbulo principal.

Si el diagrama de directividad vienen expresado en dB, el cálculo de la relación D/A se hace restando las cantidades del lóbulo principal y la cantidad a 180° ; en el caso de la

figura 2.34, sería aproximadamente $D/A = 0 \text{ dB} - (-22 \text{ dB}) = 22 \text{ dB}$, este es otro dato que suministra el fabricante directamente.

Se debe observar que a mayor D/A menor será la interferencia de las señales por detrás de la antena.



Figura 2.34 Relación delante/atrás de una antena (D/A)

2.4.8.- Frecuencia o banda de trabajo

El margen de frecuencias sobre el que una antena puede trabajar, se denomina ancho de banda pasante o banda de trabajo.

Dependiendo del tipo de instalación, se podrá utilizar una antena de banda estrecha (para un solo canal) o de banda ancha, (para cubrir una banda o la gama de UHF completa e incluso todas las bandas de TV).

Como regla general, la ganancia de una antena de banda ancha es inferior en algunos dB a la de una antena de banda estrecha.

La longitud de las varillas de una antena está relacionada con la frecuencia central de trabajo. Para un dipolo de la Figura 2.35 resulta:

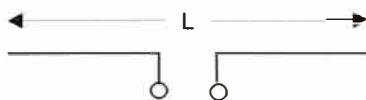


Figura 2.35 Longitud de una varilla de un dipolo

Donde:

$$L = \frac{\lambda}{2} \quad (2.5)$$

y

$$\lambda = \frac{300}{f} \quad (2.6)$$

Siendo f : frecuencia en MHz

λ : longitud de onda en metros

Las antenas Yagi multicanal (banda ancha) se caracterizan por tener los directores con una superficie muy amplia.

2.4.9.- Carga al viento

La carga al viento o resistencia al viento nos indica el efecto que tiene el viento sobre la antena. El fabricante la expresa para una velocidad del viento de 130 km/h y 150 km/h (generalmente los fabricantes sólo la suministran a 130 km/h). A la velocidad de 130 km/h se utiliza la carga al viento si la antena está colocada a una altura inferior a 20m desde el suelo; si la altura es mayor de 20 m entonces se utiliza la carga al viento a 150 km/h. El margen de frecuencias sobre el que una antena puede trabajar, se denomina ancho de banda pasante o banda de trabajo.

2.4.10.- Relleno de Nulos

Es una técnica de optimización de los arrays internos de la antena de manera de suprimir los ceros en el lóbulo inferior, sirve para antenas con un haz estrecho menor a 12° , las antenas receptoras que se encuentren apuntando a los nulos que están entre los lóbulos no podrán receptionar la señal como muestra la Figura 2.36.

Para evitar nulos de recepción cerca de la estación transmisora, se hace el relleno de nulos, como se ilustra en la Figura 2.37.

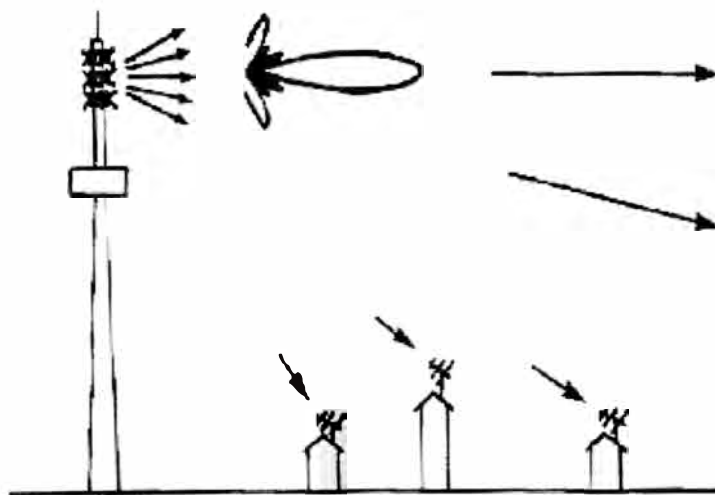


Figura 2.36 Los nulos no permiten la recepción de la señal en algunos puntos

2.4.11.- Ángulo de inclinación

El Ángulo de inclinación puede ser calculada teniendo la altura de la antena de transmisión, la altura de la antena de recepción y la distancia entre las antenas, como se ilustra en la Figura 2.38.

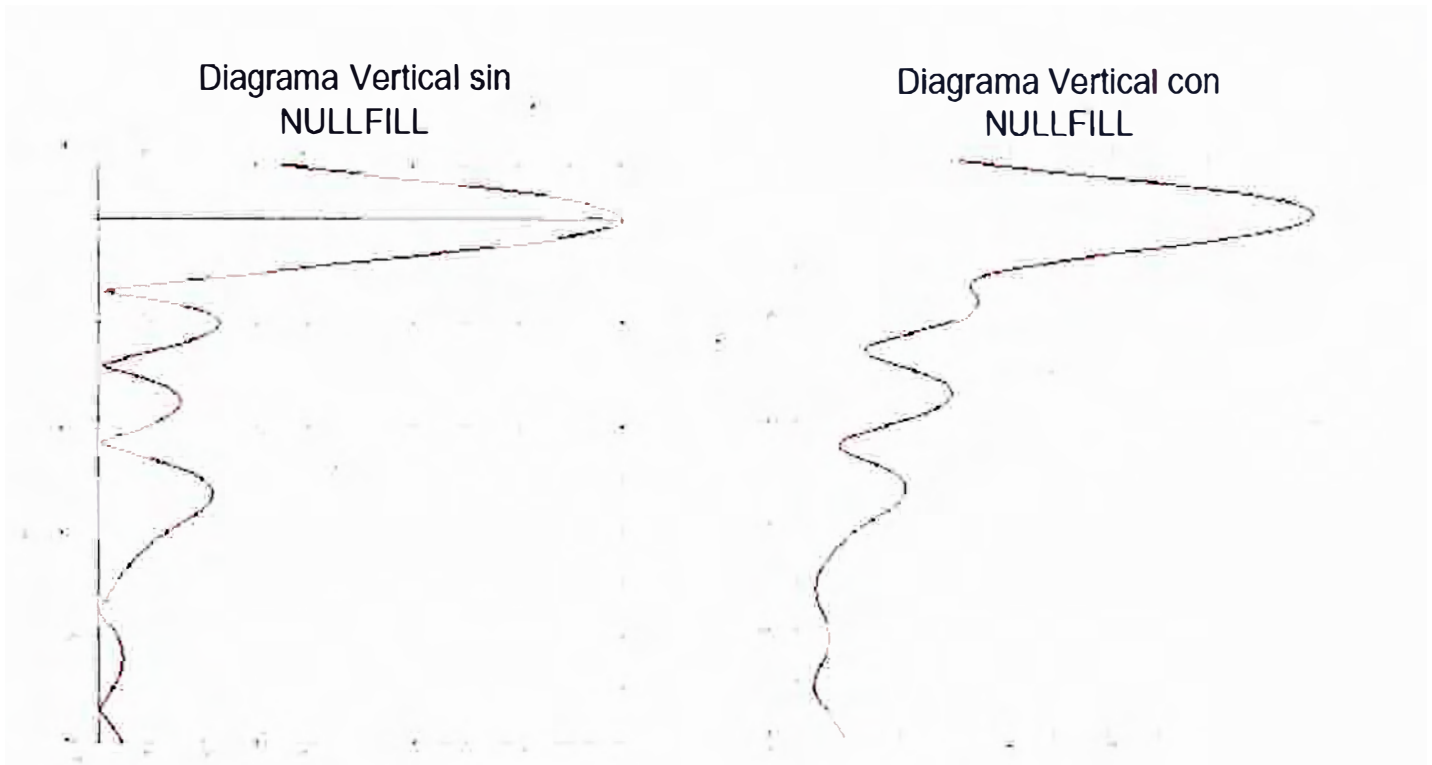


Figura 2.37 Llenado de nulos

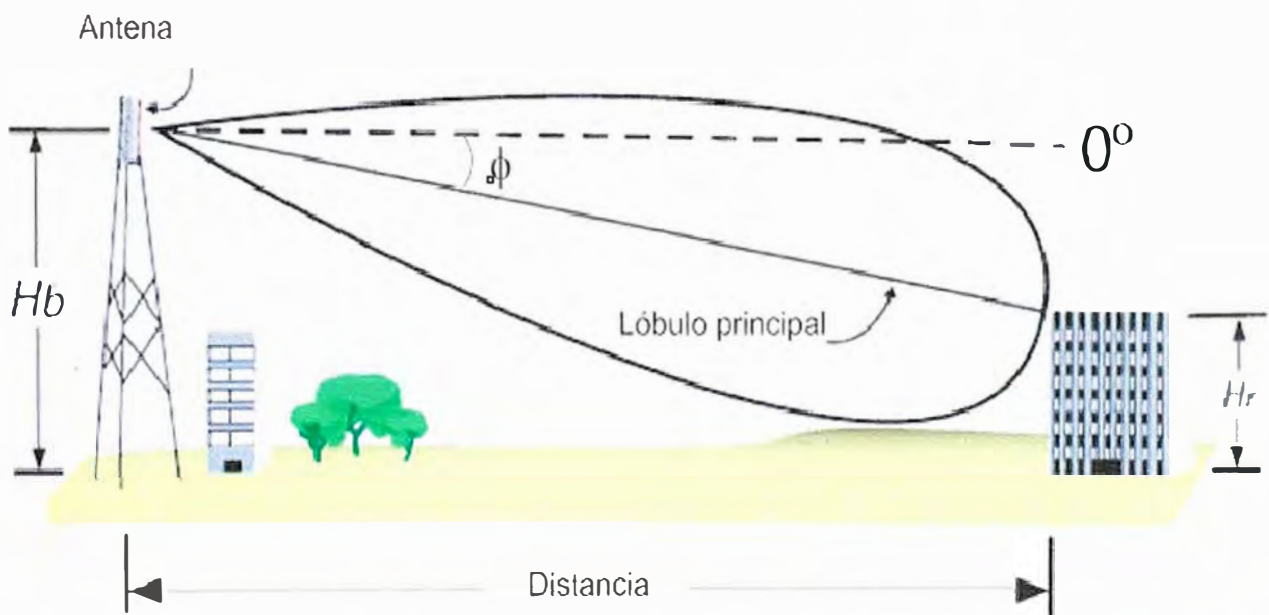


Figura 2.38 Con la inclinación incide la máxima potencia sobre el receptor

Donde:

$$\text{distancia} = \frac{(Hb - Hr)}{5280 \tan \phi} \quad (2.7)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{Hb - Hr}{\text{distancia} \times 5280} \right) \quad (2.8)$$

Además, con el ángulo de inclinación se evita la pérdida de energía hacia el espacio, concentrando la señal radiada sobre los receptores tal como se muestra en la Figura 2.39.

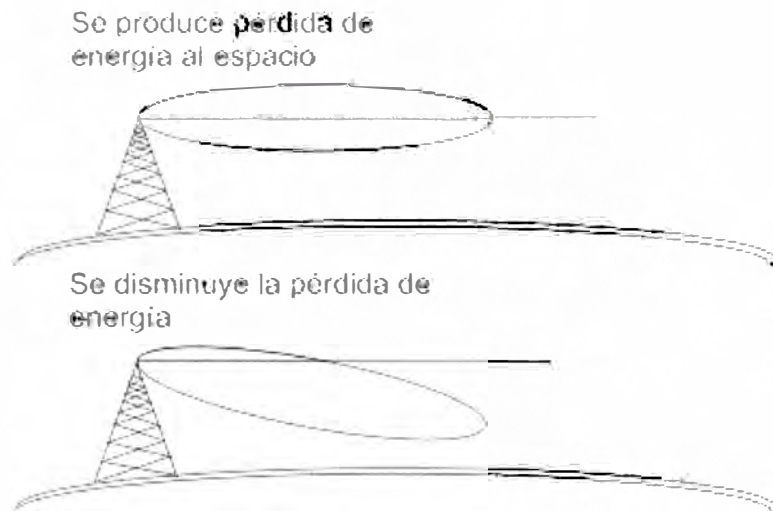


Figura 2.39 Se modifica el ángulo de inclinación para aprovechar la energía irradiada

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE PARA LA GENERACIÓN DE LA SEÑAL DIGITAL TERRESTRE

3.1 Introducción

Se utilizó la experiencia realizada por el Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú (IRTP) en su adaptación de la señal digital sobre la analógica, además de la implementación de antenas en Japón y Argentina. Se presenta la realización de una prueba de recepción de la señal digital terrestre usando una antena Yagi.

3.2.- Utilización de las antenas analógicas para implementar las antenas de TDT

Se debe tener una antena que tenga suficiente ganancia para la captación de los canales de televisión digital, lo que ocurre normalmente, cuando los canales que se están recibiendo se encuentran en niveles superiores a 60dBuV/m, en caso contrario será necesario realizar un cambio de antena sustituyendo la existente por una que permita la recepción de las señales tanto analógicas como digitales con el nivel adecuado, o bien, optar por la instalación de una antena exclusiva para la captación de los canales digitales terrestres.

3.3.- Descripción de la infraestructura ya existente para la generación de la señal digital terrestre

Las radiodifusoras en Perú en los últimos años han adquirido equipos con tecnología digital, debido a la flexibilidad de estos para la edición de videos y audio, salvo excepciones la utilización de estos equipos servirán para la generación de señales digitales a transmitir.

3.3.1.- Descripción de la infraestructura existente en un estudio de grabación

La infraestructura utilizada actualmente para transmitir la señal de televisión son equipos como cámaras 3CCD digitales, mezcladores digitales, en el Control Maestro añaden logotipos de los programas de televisión, etc..., las fases para transmitir la señal digital se muestra en la Figura 3.1, la etapa de producción de una programación de un canal de televisión se necesita de mínimos cambios ya que la mayoría de canales poseen equipos

digitales, el problema se da cuando la señal de televisión se transmite desde la casa televisora hacia el transmisor ubicado en el cerro Marcavilca (Morro Solar) donde la transmisión se efectúa a través de enlaces microondas analógicos, debido a esto la señal digital entra a un conversor digital/analógica y se pierde calidad en la señal a transmitir.

TV en HD - Todo debe ser en HD



Figura 3.1 Fases para la transmisión de la televisión digital terrestre

A.- Cámara Digital 3CCD

Un CCD (del inglés Charge-Coupled Device, “dispositivo de cargas (eléctricas) interconectadas”) es un circuito integrado que contiene un número determinado de condensadores enlazados o acoplados. Bajo el control de un circuito interno, cada condensador puede transferir su carga eléctrica a uno o a varios de los condensadores que estén a su lado en el circuito impreso.

Una ventaja inherente al uso de sensores CCD es, como veremos en el capítulo dedicado a cámaras, que estos sistemas exploran la imagen sobre una retícula de muestreo rectangular, por lo que la conversión a señal digital puede realizarse directamente, direccionando cada uno de los elementos de imagen y convirtiendo el valor de carga adquirido a una palabra binaria.

El sensor de imagen más utilizado en las cámaras de vídeo modernas, ver figura 3.2, tanto en aplicaciones profesionales como domésticas, es la célula CCD (Charge Coupled Device). Se trata de un dispositivo de estado sólido de reducido tamaño, elevada resolución de imagen y bajo consumo que ha desplazado completamente el uso de otros tipos de captadores como los tubos de imagen.

La película fotográfica o el sensor CCD se comportan como un integrador de luz, de modo que registran todos los movimientos que ocurren en la escena durante el tiempo en que el obturador permanece abierto.

Popularmente el término CCD es familiar como uno de los elementos principales de las cámaras fotográficas y de video digitales. En éstas, el CCD es el sensor con diminutas células fotoeléctricas que registran la imagen. Desde allí la imagen es procesada por la cámara y registrada en la tarjeta de memoria.



Figura 3.2. Videocámara Panasonic Profesional Modelo Ag-dvx100b 3ccd

B.- Camera Control Unit (CCU)

El trabajo del Operador CCU, (ver figura 3.3), consiste en configurar y ajustar los diferentes parámetros de la cámara para una correcta grabación según la necesidad del producto audiovisual.



Figura 3.3 Unidad de control del cámara

Entre sus funciones destacan la de mantener en todo momento la señal de video dentro de los valores para una señal broadcast. (de -3 a + 7mv).

A partir de este punto, otra de las tareas consiste en configurar la cámara a las diferentes necesidades de la toma. Como pueden ser ajustes de diafragma, de temperatura de color, ajustes de Knee, valores de Detalle, Matriz, de Gamma, etc.

C.- Control de Producción (Switcher HD)

En esta etapa es en donde las señales de todas las cámaras del estudio son mezcladas por el director de televisión según criterio. Este equipo, ver Figura 3.4, tendrá que soportar gran cantidad de procesamiento de datos para poder conmutar, en tiempo real para transmisiones en vivo, todas las señales de video.



Figura 3.4 Switcher de Producción en Multi-formato HDTTS-1500

Además se agregan títulos y gráficos que cumplan los formatos tanto de HD (En relación 16:9) como de SD (4:3); así como también se agregarán las publicidades contratadas en el programa respectivo y los logos característicos.

D.- Control Maestro HD

En la Figura 3.5 se ilustra el Control Maestro adquirido por el IRTP



MA-3300HD Control Panel

Figura 3.5 Control Maestro Digital en HDTV MA-3300HD

Características

Alto rendimiento y operatividad

Audio

Diseñado para audio incorporado SDI (8ch)

Transición, corte y mezclador

Suministro dual de potencia

Contiene 16 entradas, 2 programas de salida

E.- Codificador H.264 MPEG-4 VC-7300

Puede codificar video de alta calidad, ofrece una supresión significativa de tasa de bits de televisión de alta definición (HDTV) y tv de definición estándar (SDTV) ver Figura 3.6.

Características

- Codificador H.264 de alto perfil
- Codificador de Audio MPEG-2/MPEG-4 HE-AAC LC
- Algoritmo de codificación de NEC que ofrece una alta calidad
- Se adoptó para la radiodifusión digital terrestre en Brasil

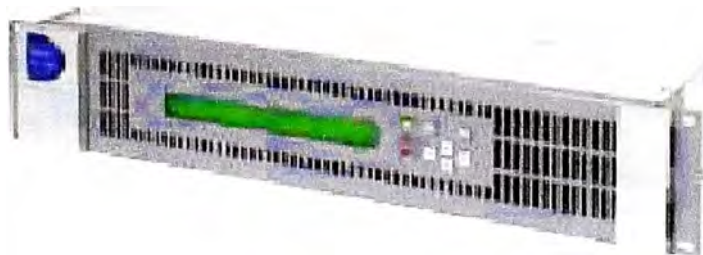


Figura 3.6 H.264 High profile 2 pass ENCODER VC-7300

CAPITULO IV IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DE LAS ANTENAS PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

4.1.- Introducción

Se determinarán las características de las antenas a usar en un enlace de microondas, además de sus componentes básicos, luego se analizará en base a los conceptos tratados en los tres capítulos anteriores cuáles son las características de las antenas de transmisión y recepción de las antenas de la señal digital terrestre, además de los parámetros de la infraestructura a usar por parte de las radiodifusoras para la transmisión de las señal digital hacia la ciudad de Lima.

En la última parte del capítulo se presenta la realización de una prueba de recepción de la señal digital terrestre usando una antena Yagi.

4.2.- Enlace de Microondas

Se asume que la señal digital es generada en un estudio de televisión, en el caso de las radiodifusoras en la ciudad de Lima tienen que transmitir la señal hacia las antenas ubicadas en el morro Solar para su posterior transmisión hacia los distritos de la capital, para ello utilizan un enlace punto a punto (enlace de microondas), como se ilustra en la Figura 4.1.

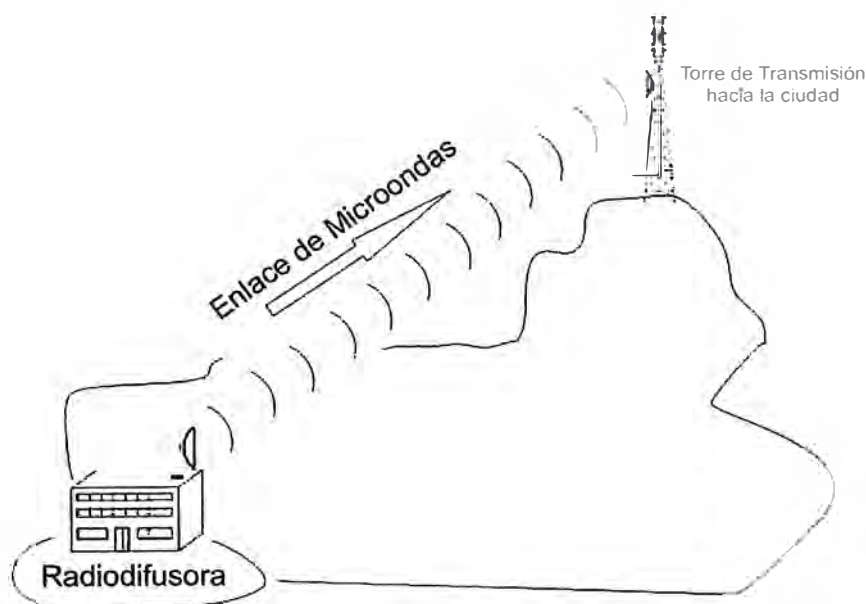


Figura 4.1 Enlace de microondas

Una característica del enlace punto a punto es que debe haber línea de vista entre el transmisor y receptor, se puede operar a una frecuencia de 12 GHz, 18 GHz y 23 GHz, al igual que en cualquier sistema de transmisión, la principal pérdida de la señal es la atenuación, se debe evitar las obstrucciones tales como edificios, árboles o terrenos ya que interfieren con la señal. Las características de las antenas para un enlace de microondas se muestran en la Tabla 4.1:

Tabla 4.1 Parámetros de las antenas de enlace de microondas

Parámetros y características de las antenas de microondas		
Características	Parámetros físicos	Parámetros eléctricos
Ganancia	Tamaño (Diámetro)	Ganancia (dBi)
Patrón de radiación	Peso	Ancho de Haz (rad o grados)
Rechazo a la interferencia	Materiales con los que está construido	Patrón de Radiación
Altura sobre el nivel del suelo	Carga al viento	Discriminación de Polarización Cruzada
Carga en la torre	Montaje	relación Adelante/Atrás
Su alimentador asociado		ROE
Los protectores (radomes)		Pérdida de Retorno

Tipos de Antena para un enlace de microondas

Existen 4 tipos de antenas, las características se muestran en la Tabla 4.2 y sus estructuras en la Figura 4.2

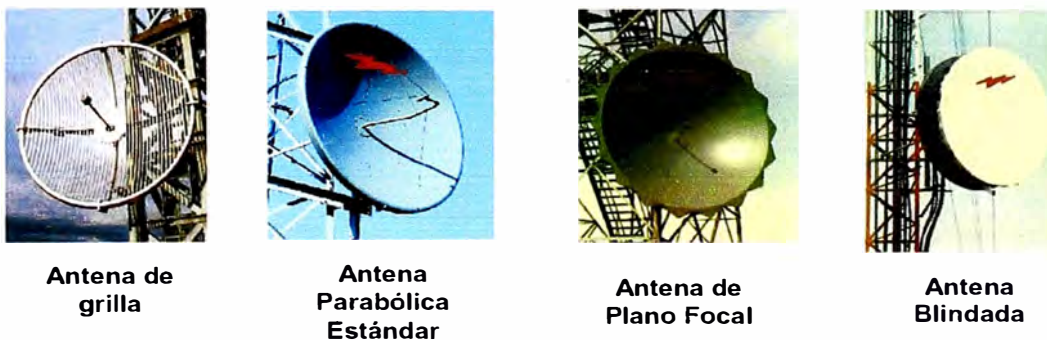


Figura 4.1 Tipos de antenas para enlace de microondas

Tabla 4.2 Características de las antenas de microondas

Parámetros y características de las antenas de microondas			
Antena tipo grilla o rejilla	Parabólica Estándar	Plano Focal	Antena Blindada
Reflector grillado	Antena Básica	Reflector profundo	Cobertor plano
Baja resistencia al viento		Geometría de bordes	Buen RPE
Polarización simple		Mejora en la relación D/A	Mejora del sistema de alimentación
opera a frecuencias menores a 2.7GHz		Ligero decremento de la ganancia	Absorber Line shield
Fácil traslado de la antena			

4.3.- Descripción de la infraestructura existente para un enlace de microondas entre el estudio de grabación y la planta transmisora

A.- Modulador/Demodulador Digital

La señal deberá de ser modulada en una portadora única para lograr una mayor tasa de transmisión. El modem SCM 4000 de Microwave Radio Communications se integra al sistema de radioenlace obteniendo una tasa de hasta 105 Mbps con constelaciones de 64QAM.

El modem tiene una salida a una frecuencia intermedia de 70 MHz y una potencia típica de -10 dBm. Esta señal irá al transmisor de radiofrecuencia (RF).

B.- Sistema de Transmisión/Recepción de Microondas usando antenas de radioenlace Transmisión/Recepción de Microondas

Se va a utilizar antenas altamente direccionales para transportar la señal digital desde el estudio hacia la torre de transmisión ubicada en el morro solar, para ello utilizaremos antenas de microondas punto a punto, la antena usada por ATV es una antena blindada, como se ilustra en la Figura 4.3.

Antena Modelo HP6-130-C3A

Las características de esta antena se detallan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Características de la antena HP6-130-C3A marca Andrews

Características	
Altura	1.80 m
Rendimiento	alto
polarización	de un solo lado
Patrón de RF	buen rendimiento
Rendimiento vs costo	alto
ROE	bajo
Equipo adicional	tubo de montaje vertical

4.4.- Descripción de la infraestructura existente para un enlace de microondas entre Equipos de Broadcasting

Después del transporte de la señal desde el estudio hasta la planta de transmisión, esta tiene que ser procesada para poder ser transmitida bajo el sistema ISDB-T cumpliendo todas las normas del estándar. Los equipos necesarios, junto con el transmisor, están especificados a continuación en la Figura 4.4.



Figura 4.3 Antena HP6-130-C3A

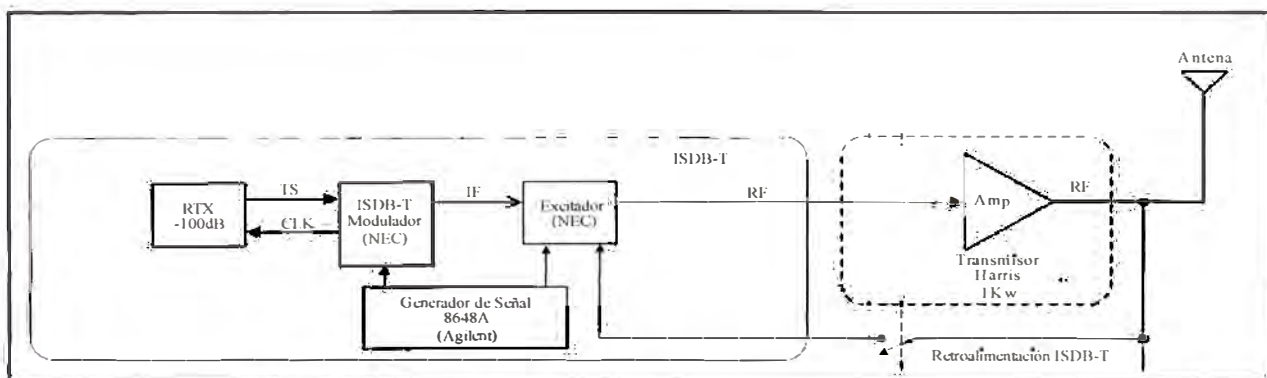


Figura 4.4 Diagrama de bloques de la transmisión en ISDB-T

A.- Modulador DTVM-21

Esta es la parte previa a la transmisión. La señal recibida por el estudio es modulada en OFDM en cualquiera de los dos modos, 8k o 2k, según la norma ARIB STD B-31.

La salida de esta etapa será la señal de Transport Stream (TS) de multitrama con las codificaciones ya sean QAM o QPSK en los distintos segmentos de la señal OFDM. Esta señal es enviada con una frecuencia intermedia (FI) de 37.15 MHz.

Es en esta etapa en donde determina la parrilla de programación, en cuanto a la segmentación del espectro y la jerarquización de las modulaciones (QAM o QPSK).

B.- Excitador HPB-4773

El excitador es el encargado de brindar la señal OFDM de manera continua e íntegra; respetando todas las normas establecidas por ISDB-T. Además se encarga de pasar de la FI a la frecuencia de trabajo en la banda de transmisión.

El dispositivo de NEC cuenta con dos módulos HPB-4703 y HPB-4773 para bandas VHF y UHF respectivamente.

C.- Transmisor DTV de Estado Sólido UHF – DiamondCD

Este último dispositivo es encargado de brindar la potencia necesaria para que la señal ISDB-T llegue a todos los hogares dentro de la cobertura. El transmisor Diamond de Harris cuenta con gabinetes de control, que tiene una GUI (Interfase de usuario gráfico) que monitorea todas y cada una de las partes del transmisor, y un gabinete de potencia (que puede ampliarse hasta 5). (Figura 4.5) Cada gabinete de potencia puede llegar a las 7.25kW de potencia media de forma individual. Además, dentro de cada uno hay hasta 16 amplificadores de potencia (PA) en paralelo todos controlados con microprocesadores que garantizan protección contra alta potencia reflejada, sobrecalentamiento, baja ganancia, entre otras cosas.

Con el uso de amplificadores de estado sólido y la más alta tecnología de los transmisores LDMOS, se obtiene alta ganancia y mejores características térmicas. En la Figura 4.6 se muestra el ambiente donde se encuentra el transmisor.



Figura 4.5 Vista Módulos del Transmisor

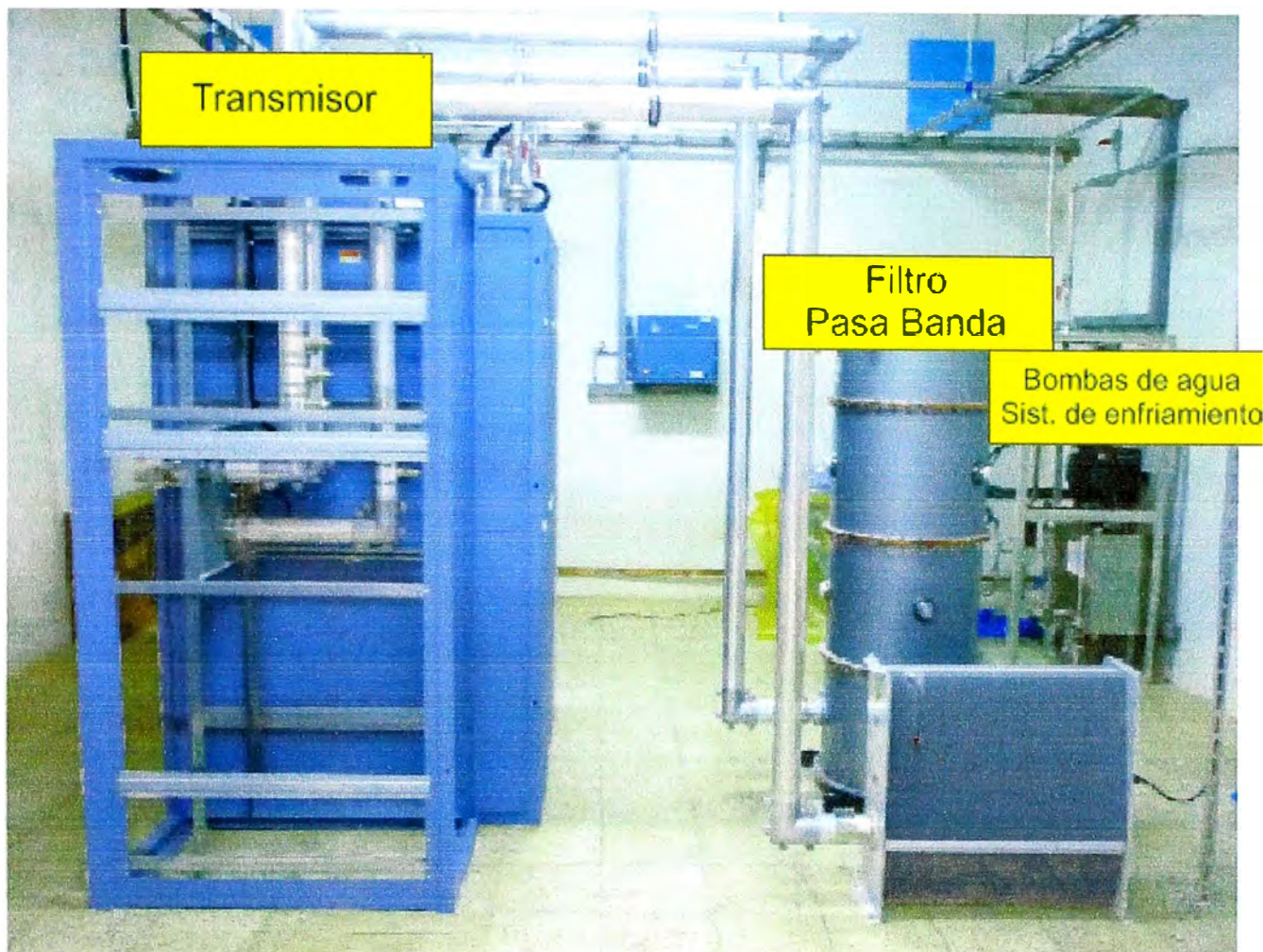


Figura 4.6 Vista Ambiente del Transmisor (Instalaciones del IRTP)

4.5.- Descripción de la infraestructura existente para la transmisión de la señal de Televisión digital terrestre

Tomamos como referencia los equipos usados para las pruebas de implementación del estándar ISDB-T usados por el MTC y ofrecidos por Andina de Radiodifusión:

- Torre autosoportada de 48 metros de altura ubicada en el morro solar (Chorrillos)

L.O.: 77°01'43" L.S.: 12°10'57" Altitud 244m.s.n.m.

- Sistema irradiante marca RYMSA

Opera en la banda UHF

Está formado por un arreglo de 32 paneles distribuidos en 24 paneles horizontales y 8 paneles verticales

Ganancia de 14.68dBd

Orientación del sistema radiante: 0° y 100°

La altura del centro de radiación es de 28 metros

- Encoder HD Thomson, Modelo N8150 (HD SDI MPEG2-ASI)

- Encoder de Audio Dolby AC-3, Modelo DP569 (Audio estéreo y dolby 5.1)
- Multiplexor Marca Thales-Thomson
- Transmisor Marca Harris, Modelo Diamond CD 1.8 KW operando a 1Kw
- Modulador comercial ISDB-T, se detalla a continuación en la Tabla 4.4

TABLA 4.4 Parámetros del modulador

Estándar	Modulación	Número de Portadoras	FEC	Intervalo de guarda (GI)	Tasa de Transmisión (Mbps)
ISDB-T	64QAM	8K	$\frac{3}{4}$	1/16	19.3

Mediante un software gratuito se localizó la posición L.O.: 77°01'43'' L.S.: 12°10'57'' ubicando la antena de ATV, tal como se ilustra en la Figura 4.7.



Figura 4.7 Ubicación de la antena de ATV sobre el cerro Marcavilca (Morro Solar).

4.6.- Adaptación de una antena digital sobre la infraestructura de una antena analógica

Tipos de Torres para soportes de antenas

a) Torres autosoportadas

Estas torres se construyen sobre terrenos, en áreas urbanas o cerros y deberán contar con una cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a la que estas están

sometidas, la geometría de estas torres dependerán de su altura, de su ubicación y la del propio fabricante de la torre, ver Figura 4.8.



Figura 4.8 Torre autosoportada

b) Torres Arriostradas o Atirantadas

Estas torres generalmente se ubican sobre edificaciones, el peso que genera la torre sobre el edificio no es muy grande, sin embargo, se deben de colocar el apoyo de las torres y sus arriostres sobre sus columnas y elementos resistentes ya que la base de la torre transmitirá un esfuerzo de compresión en donde este apoyada y los arriostres generalmente transmitirán esfuerzos de tensión. Esta torre se ilustra en la figura 4.9.



Figura 4.9 Torre arriostrada

c) Monopolos

Estas estructuras son instaladas en lugares donde se desea conservar la estética, pues son las que ocupan menos espacio y se pintan de algún color o se adornan para que la estructura pase totalmente desapercibida, como estas estructuras están sobre terrenos deberán de construirse sobre una base adecuada, esta torre se ilustra en la figura 4.10.



Figura 4.10 Monopolo

d) Pedestales

Se utilizan como apoyo para antenas, celulares o parabólicas, están sobre terrazas debido a que ocupan poco espacio y peso. Ver Figura 4.11.



Figura 4.11 Pedestales en la azotea

Uso de la antena antigua

- Verificar potencia máxima (por lo general aproximadamente 70% de la potencia nominal de los transmisores analógicos es aceptable).
- Verificar los diagramas de radiación y la ganancia resultante con el fabricante en caso sea elegido un nuevo canal.
- La polarización no cambia.
- Medir la ROE, en caso sea elegido un nuevo canal si se mantienen los mismos valores es aceptable.
- En casos en que la ROE de la antena antigua no esté dentro de los parámetros establecidos, o si el diagrama de radiación no cubre la región con demanda de usuarios o si se quiere cambiar la polarización, entonces reemplazar la antena en algunos casos es mejor que adquirir un combinador, ver Figura 4.12.

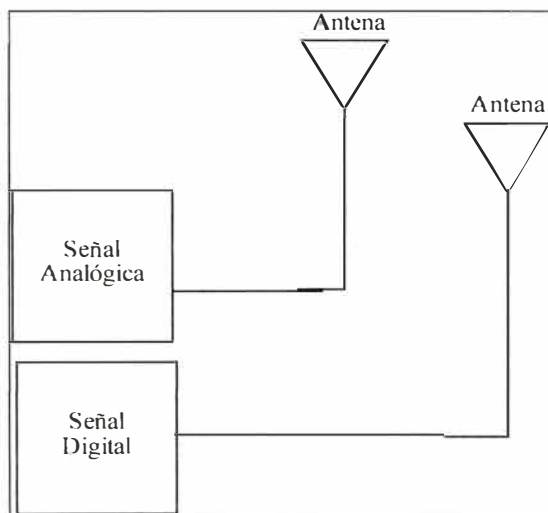


Figura 4.12 Se utilizará una antena adicional digital si es que no se puede adaptar a la infraestructura de la torre de la señal analógica

- Las antenas en su mayoría son de banda larga para cubrir la gama de UHF completa e incluso todas las bandas de TV, entonces como se pueden transmitir varios canales simultáneos, se hace necesario un combinador, tal como se muestra en la Figura 4.13.
- El espacio disponible en la torre deberá ofrecer las condiciones para la instalación del sistema radiante.
- La torre deberá soportar el peso y la carga de viento adicional.
- Debe de haber disponibilidad de espacio para la conexión de cables entre el transmisor y la antena.
- Torres con secciones muy largas no son favorables para sistemas omnidireccionales en UHF.

-Debido a que se puede transmitir 3 programas a la vez usando el mismo canal, se pueden agrupar 3 radiodifusoras para poder compartir la misma infraestructura y así disminuir los costos de inversión de cada uno, para ello se debe establecer una estación central que sirva para las radiodifusoras agrupadas. Para ello se necesita una antena de banda ancha. Ver Figura 4.14

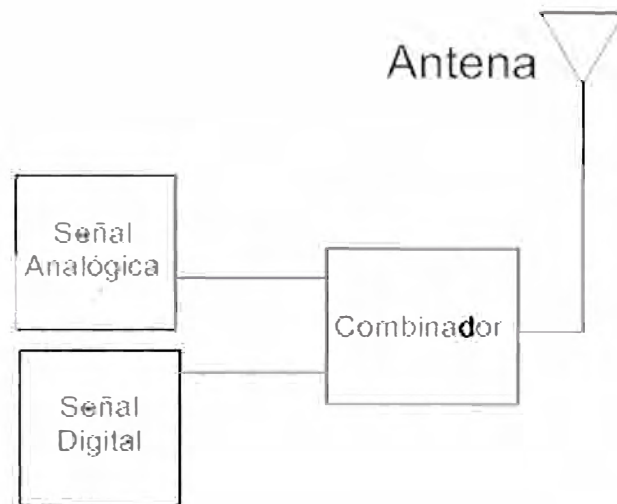


Figura 4.13

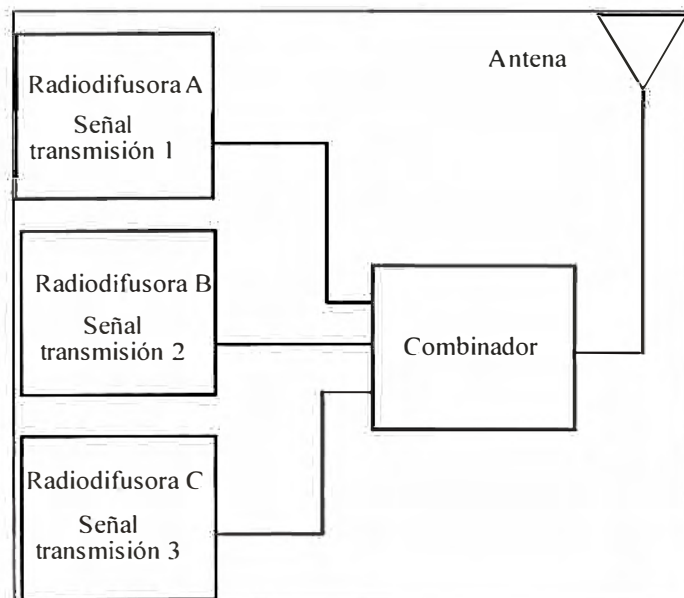


Figura 4.14.- Reducción de la inversión de parte de las radiodifusoras al compartir la misma infraestructura

- La torre puede usarse para múltiples propósitos, varias emisoras y combinación de señales, analógica y digital, además de usarla como antena FM, siempre que no se produzcan interferencias entre ellas, un ejemplo es la torre de Tokio como se ilustra en la Figura 4.15.

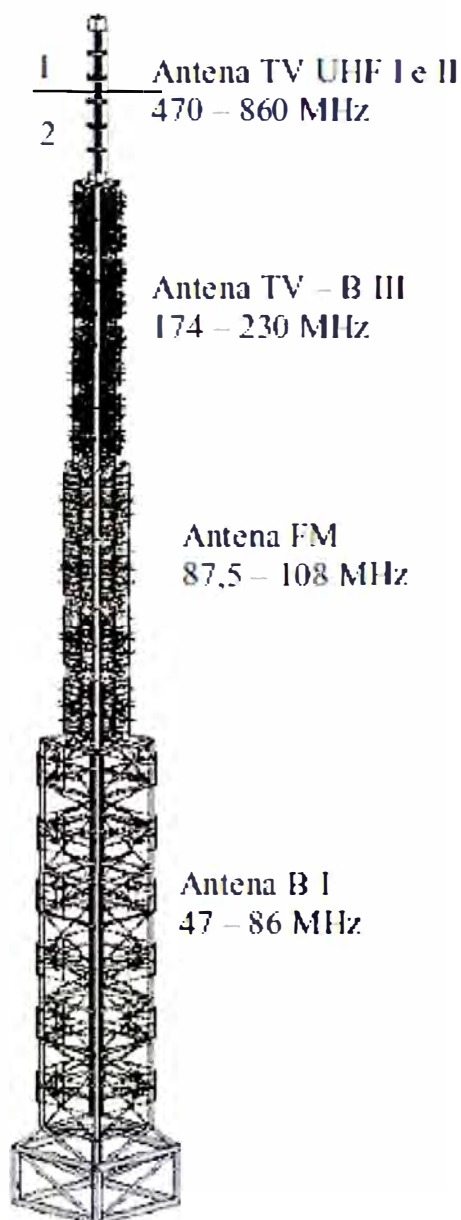


Figura 4.15 Visión general de las infraestructuras de transmisión digital en Tokio/Nagoya/Osaka

4.7 Experiencia de la implementación de antenas en Argentina

Planta Transmisora Terrestre (PPT)

En cuanto al equipamiento a implementar para las Plantas Transmisiones, se pueden establecer dos categorías. La categoría I consiste en transmisores de 1KW y la categoría II en transmisores de 500W (ciudades pequeñas).

La planta transmisora terrestre (PPT) contemplarán la instalación de una torre tipo mástil arriostrado de altura entre 72 metros a 150 metros siempre y cuando se a posible. En caso contrario se optará por una estructura autosoportada, para una torre autosoportada se deberá contemplar una altura menor de la torre por razones de construcción.

Equipamiento de la Planta Transmisora Terrestre (PPT)

En las plantas transmisoras se colocarán 4 antenas para enlace de microondas para poder recibir señales locales nuevas o existentes y luego retransmitir las mismas.

Elementos irradiantes

Tres arreglos de paneles UHF de banda ancha de cuatro niveles y cuatro caras, de ganancia 11.4 dB, 2 principales y una reservada destinado a mantener el servicio en caso de falla de uno de los arreglos principales y para mantenimiento.

Arreglos de antenas FM.

Cuatro antenas de microondas para enlaces con repetidoras provinciales.

Digitalización y codificación de señales analógicas

Convertor analógico digital para poder contemplar la digitalización en el sitio de señales analógicas.

Codificador H.264 para la codificación en el sitio de las señales analógicas

Transmisión de televisión digital terrestre

8 multiplexadores.

8 generadores de funciones

8 transmisores de categoría I ó II con módulos SFN y GPS en caso de ser necesario

2 cuadriplexores que permiten combinar la potencia de 4 transmisores para compartir un arreglo de antenas entre 4 transmisores.

1 Switcher de radiofrecuencia para mantenimiento o falla, aprovechando el arreglo de antenas de reserva.

Equipamiento para futura repetición

4 modem SHD tipo STM para la transmisión de las señales hacia futuras repetidoras provinciales.

Transmisión de radio FM

1 transmisor FM de potencia variable.

Se detalla a continuación el equipamiento de la Planta Transmisora Terrestre en la Figura 4.16.

Construcción de la Torre Única de Telecomunicaciones

En Argentina se construirá una estructura que albergará el futuro centro integrador de radio y televisión para la capital y centros urbanos, que permitirá desactivar y retirar cientos de antenas en la ciudad y en los centros urbanos, este edificio será la futura Plataforma Nacional de Televisión Digital Terrestre, la altura de las torres es de 260 metros más una

antenas de 100 metros sobre la cima del edificio con una planta circular de 45 metros de diámetro. El diseño de la torre se muestra en la Figura 4.17 y la distribución de los ambientes en la Figura 4.18.

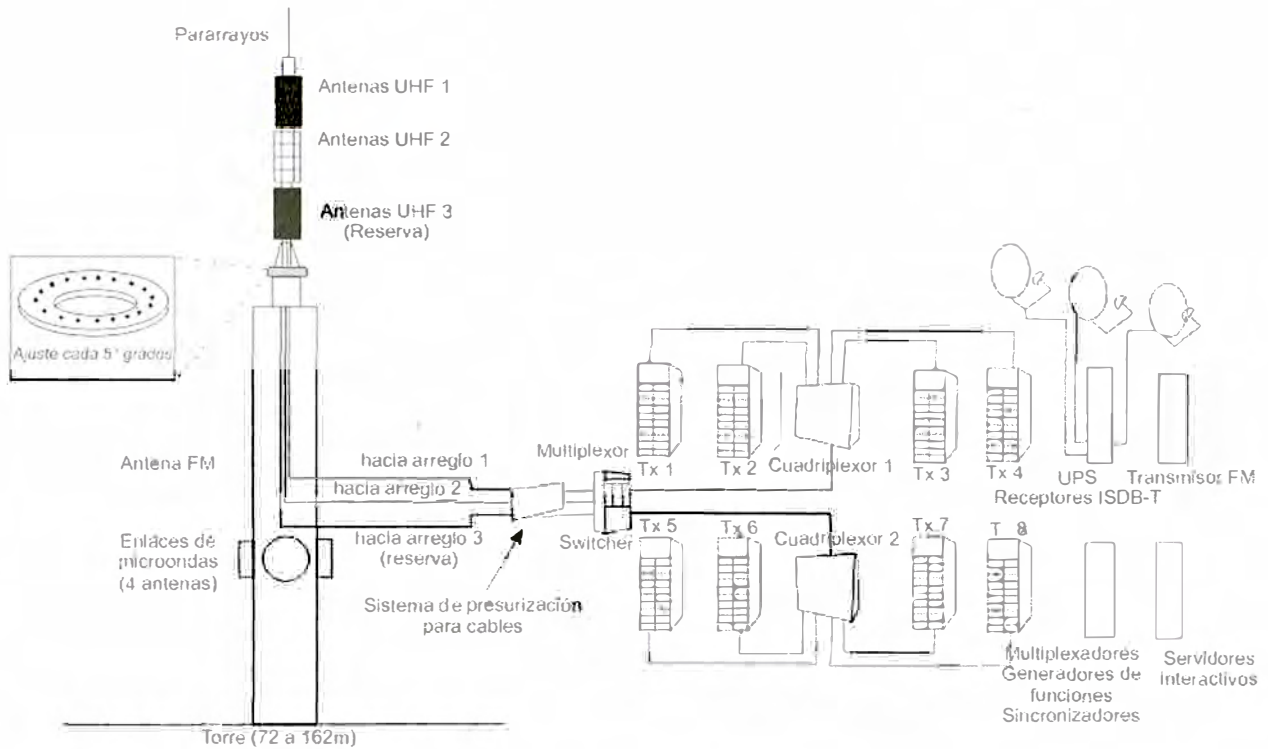


Figura 4.16 Equipamiento de la Planta Transmisora Terrestre



Figura 4.17 Torre Única de Comunicaciones en Avellaneda

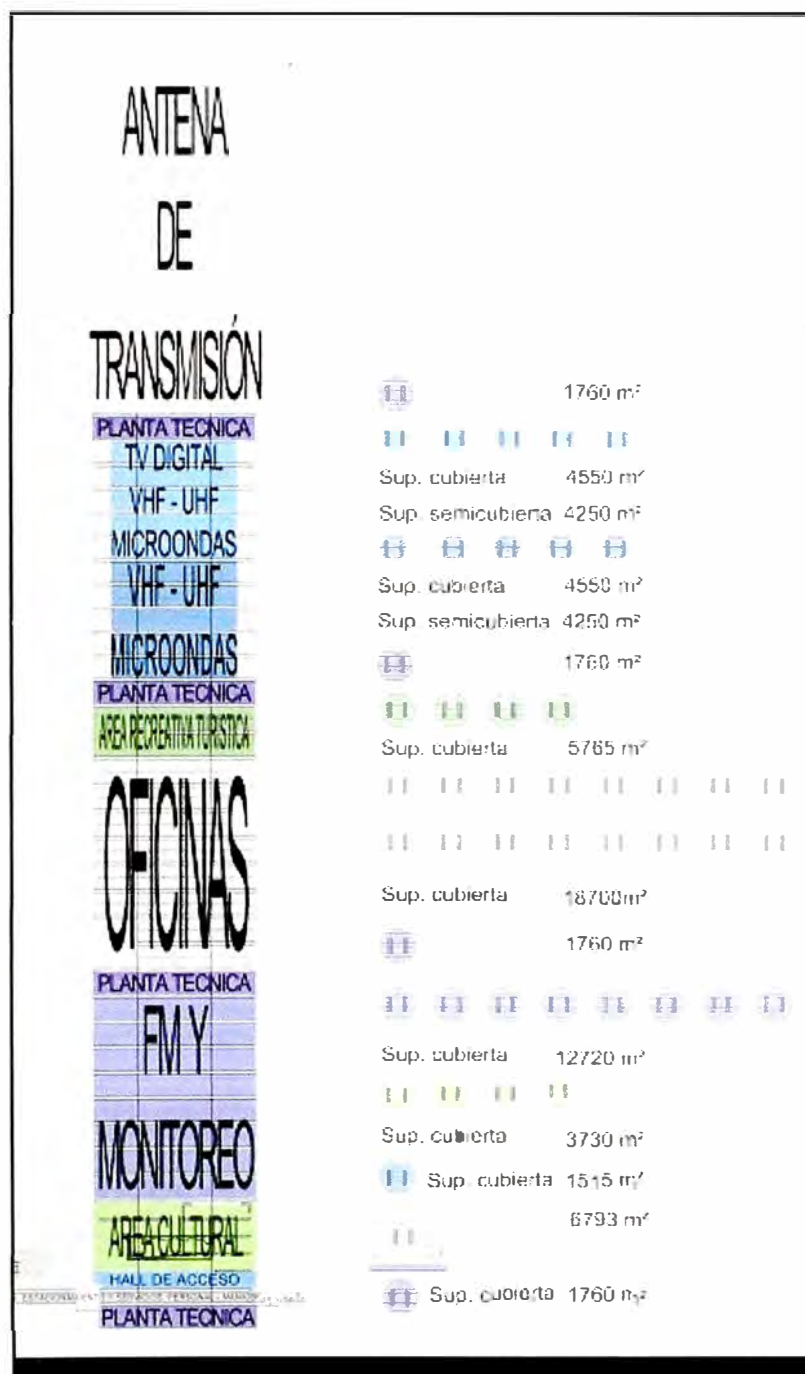


Figura 4.18 Distribución por pisos de la Torre Única de Comunicaciones

4.8. Experiencia de la implementación de antenas en Japón

En el área de Tokio, las empresas de radiodifusión han colocado nuevas antenas a una altura de 250 metros en la torre de Tokio. Un cuarto de transmisión ha sido construido bajo el gran observatorio de la Torre. En el área de Nagoya, una nueva infraestructura con una torre de acero de 246 metros y una estación de transmisión han sido habilitados en la ciudad de Seto. En el área de Osaka, las empresas de radiodifusión han instalado antenas en sus propias torres. Se puede ver una visión general de estas infraestructuras en la Figura 4.19 a continuación:

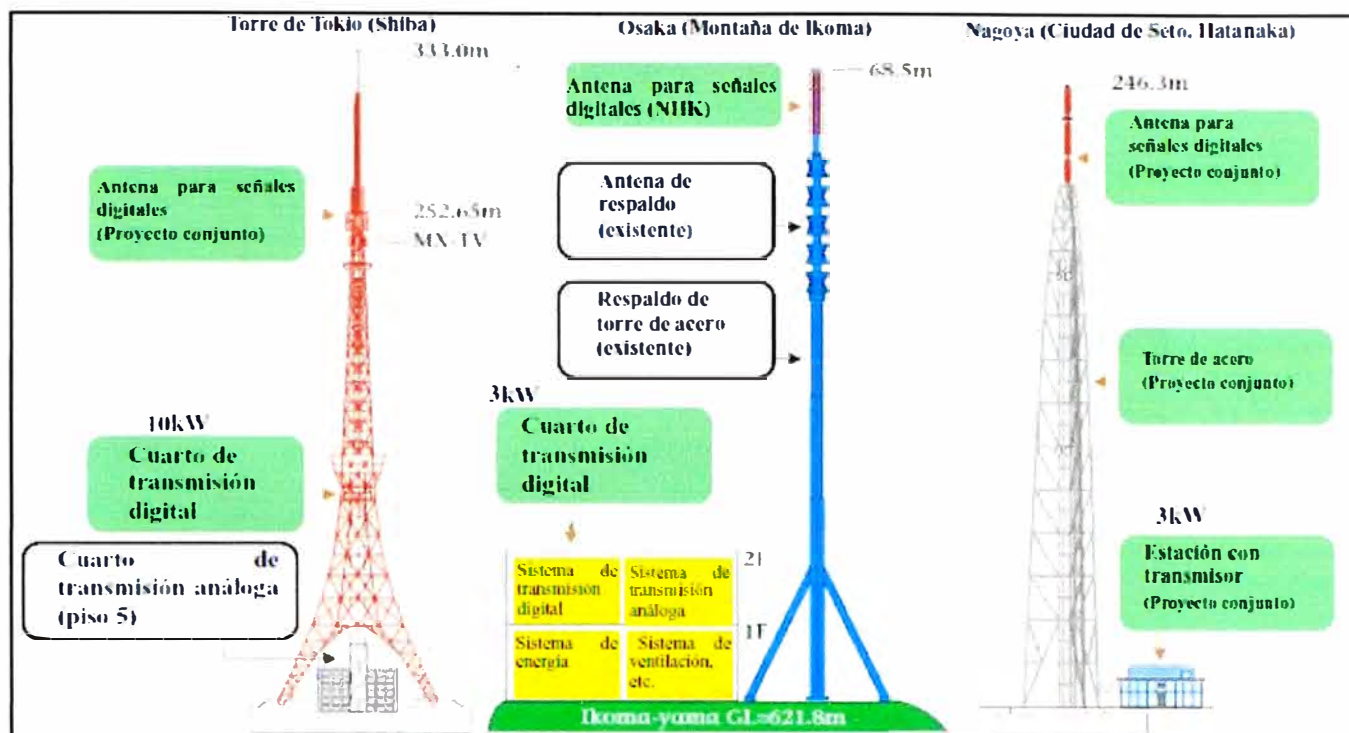


Figura 4.19 Visión general de las infraestructuras de transmisión digital en Tokio/Nagoya/Osaka

4.9 Montaje e instalación de la torre autoportada del IRTP para la transmisión de la señal digital terrestre

Se hace la construcción de las bases para la torre, tal como se ilustra en las Figuras 4.20 y 4.21



Figura 4.20 Obreros trabajando en la instalación de la torre del IRTP en el morro solar



Figura 4.21 llenado de la base de la torre

Una vez lista la base se procede al montaje de la estructura de la torre, se ilustra en las Figuras 4.22, 4.23 y 4.24.



Figura 4.22 Instalación del soporte de la antena



Figura 4.23 Vista central de la torre



Figura 4.24 Montaje de la parte superior de la torre

Una vez construida la torre se procede a tender el cable coaxial que unirá el transmisor con la antena Figura 4.25.



Figura 4.25 Tendido del cable coaxial

La colocación de las antenas de recepción y la de transmisión se muestra en la figura 4.26



Figura 4.26 Antena del IRTP con la antena de radioenlace y el arreglo de antenas para la transmisión de la señal digital hacia Lima Metropolitana

4.10 Recomendaciones para el montaje e instalación de torres autosoportadas para la transmisión de la señal digital terrestre

En el diseño de las torres se consideran varios aspectos técnicos, es importante definir todos los factores que involucran la instalación de una antena como la:

- Altura requerida del sistema
- Cantidad y peso de los equipos y /o antenas
- El espacio o área de instalación es apropiado
- Accesibilidad y condiciones para el mantenimiento
- Condiciones climáticas es apropiado para su durabilidad
- Condiciones del viento a soportar de la estructura
- Condición sísmica del lugar
- Características del suelo (dureza, blandeza)
- Protección eléctrica y aeronáutica
- Normas y medidas de seguridad, etc.
- Restricciones de tráfico aéreo
- Códigos de construcción
- La Instalación de antenas muy altas se pueden utilizar grúas como se muestra en la figura 4.27
- Las torres arriostradas requieren alambres que se extienden fuera de la torre a una distancia igual al 80% de la altura de la torre. Una torre de 91m necesita 3.64 hectáreas.

Aspectos Generales de las torres autosoportadas:

- Para alturas promedio máxima de 30 metros:
- Material principal en tubos de acero
- Estructuras armadas convergentes de 3m de largo
- Convergente hasta un 70% de la altura total de la torre
- Tramo recto del 30% restante en la parte superior
- Estructura Cuadrangular
- Para alturas superior a los 30 metros
- Material principal ángulos de acero
- Estructurado para armar pieza por pieza
- Requieren plataformas de trabajo o descanso

- Escaleras de acceso adherido a la torre
- Se debe instalar luces intermitentes para prevenir accidentes aéreos



Figura 4.27 Antena arriestrada colocada por una grúa

4.11. Implementación de Repetidoras

Una vez instaladas las emisoras, se requiere que la señal digital presente una cobertura adecuada, caso contrario, estas deben ser nuevamente transmitidas a través del uso de las repetidoras.

La forma de implementación de la repetidora de la TdT puede ser por fibra óptica, microondas, satélite o por retransmisión.

A continuación se presentarán las opciones para hacer llegar la señal de la televisión digital terrestre a los sitios donde actualmente no hay cobertura y las diferentes opciones de configuración.

Por Fibra Óptica.- Se trata de una solución posible cuando la fibra está disponible en los puntos necesarios.

Por Microondas.- Permite llevar la señal a puntos de media distancia como 500 Km, puede trabajar con canales de frecuencia única o en canales distintos, tiene la ventaja de no tener costos recurrentes.

Por Satélite.- Permite llevar la señal simultáneamente a puntos de corta, mediana o larga distancia, implica costos recurrentes de alquileres del segmento satelital, necesita de una solución técnica para utilizar el mínimo de segmento satelital.

Por Retransmisión.- Las buenas técnicas de TDT permiten el transporte de la señal en UHF por distancias medianas como 500 Km, lo que se requiere es realizar el acoplamiento entre la señal que se está recibiendo y enviarlo hacia las antenas que están sirviendo como repetidoras. Ver figura 4.28.

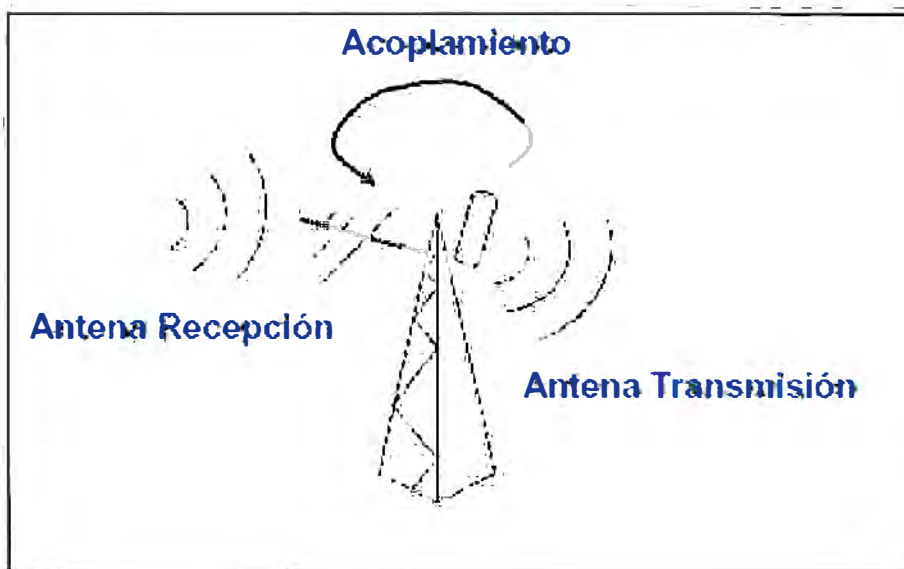


Figura 4.28 Se debe efectuar un acoplamiento entre la señal de recepción y la de transmisión

4.11.1.- Redes de frecuencia única (SFN)

La transmisión de la señal analógica usa sistema de redes de frecuencia múltiple (MFN) donde las repetidoras y el transmisor matriz (situados a cierta distancia) funcionan con bandas distintas para la emisión de la señal de TV. La MFN requiere el uso de varias estaciones de transmisión para alcanzar una audiencia a nivel nacional, así con la utilización de la MFN se evita la interferencia co-canal que puede causar la señal de transmisor fuente sobre la señal emitida por el repetidor. Sin embargo tiene la desventaja de desperdiciar muchas bandas de frecuencia para la transmisión de una misma señal o programa de televisión.

Las señales digitales pueden operar en Redes de frecuencia única (SFN) controlando la interferencia co-canal a través de codificadores de canal, moduladores y sincronizadores.

Para una correcta operación de la red SFN se requiere transmitir en todas las plantas:

- Exactamente la misma información
- Exactamente la misma frecuencia (Ver Figura 4.29)
- Al mismo tiempo el receptor debe recibir todas las señales con nivel significativo dentro del intervalo de tiempo de guarda.

A partir de la sincronización va a existir una interferencia constructiva entre ambas señales. Con ello se pretende aprovechar la potencia en conjunto de ambos transmisores. Esto se denomina Ganancia Interna de una red SFN.

El estándar ARIB B31 detalla algunas recomendaciones para la implementación del sistema en redes SFN que son:

- Variaciones de máximo 1Hz para los osciladores de portadora respecto a la frecuencia central de la banda
- La frecuencia de muestreo de los moduladores OFDM de banda base deben tener una precisión de ± 0.3 partes por millón.
- Los flujos de transporte deben ser idénticos.

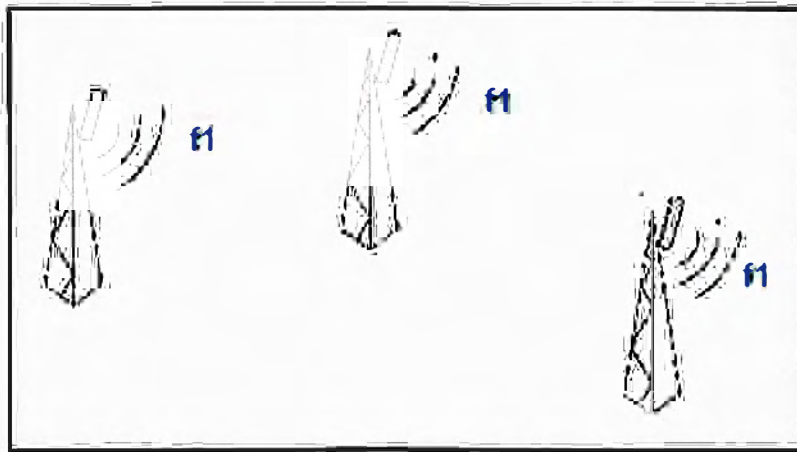


Figura 4.29 Cada antena de transmisión transmite a una misma frecuencia (SFN)

Los primeros lugares en los cuales se instalarán retransmisoras son: Comas, Puente Piedra, Carabayllo, Ventanilla y La Molina.

4.11.2.- Gap Fillers

Un gap filler es un equipo especialmente diseñado para lugares donde la radiodifusión digital no puede ser recibida satisfactoriamente debido a diversos problemas como edificios, sótanos, zonas montañosas o condiciones geográficas, etc. en la Figura 4.30 se ilustra la imagen del televisor en la Estación Central del Metropolitano, que muestra la

pantalla negra debido a que no hay una adecuada recepción, se puede usar un gap filler para corregir este problema de recepción.



Figura 4.30 Recepción de la señal digital en la Estación Central del Metropolitano

Es una estación de radiodifusión que recibe señales de emisión, las limpia y las vuelve a retransmitir con un gasto mínimo de energía eléctrica y elimina las dificultades en su recepción.

La señal se recibe a través de una antena Yagi convencional, el equipo de procesado se encarga de demodular los 3 canales multiplex y remodularlos para emitirlos a través de las antenas de retransmisión, además el equipo de procesado usa el cancelador de ecos que se produce cuando la señal amplificada para ser retransmitida vuelve a realimentarse.

En la Figura 4.31 se ilustra un Gap filler y sus principales elementos.

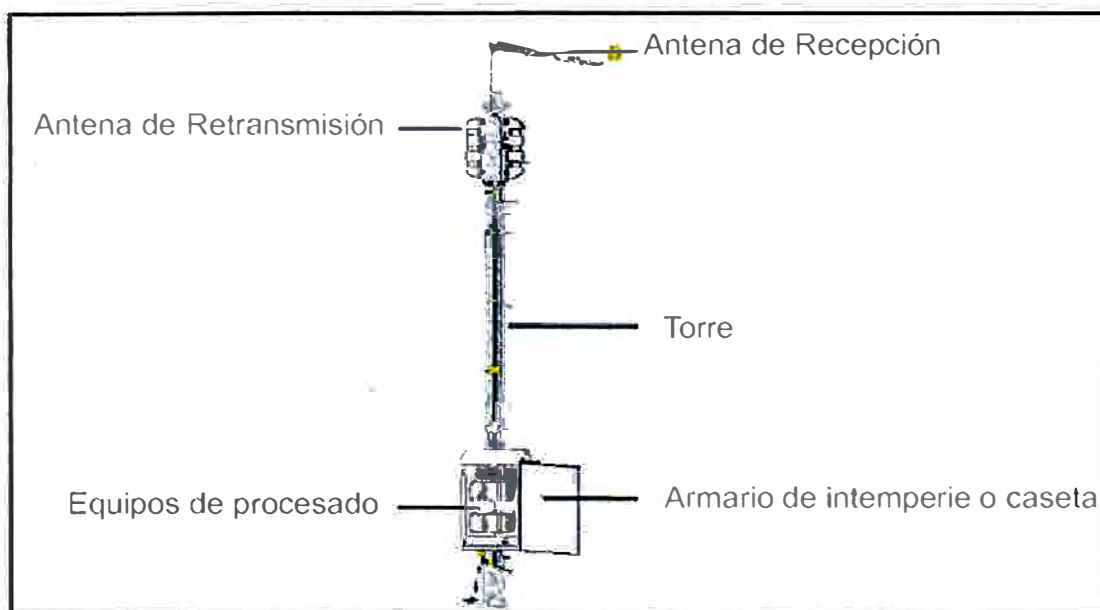


Figura 4.31 Componentes de una Gap Filler

4.12.- Parámetros Técnicos de las antenas para la recepción de la TDT

4.12.1. Principales antenas para recepción de televisión digital

En recepción de TV, las antenas más utilizadas son:

- Antena Yagi
- Antena logaritmo-periódica (logarítmica)
- Antena de panel

En una instalación receptora de TV, si la instalación de la antena no es buena, nunca podrá verse la imagen en el receptor de TV adecuadamente.

Para instalar adecuadamente una antena es necesario conocer los tipos fundamentales y sus características principales. Por ello estudiaremos cada tipo por separado.

a) Antena Yagi

La antena Yagi es la más utilizada en recepción de TV. Está formada por un dipolo (elemento activo) y varios elementos pasivos. Su estructura básica con dipolo plegado se muestra en la Figura 4.32

En la antena Yagi, el dipolo tiene una longitud de $\lambda/2$. Los reflectores tienen una longitud un poco mayor $L_R = \lambda/2 + 5\%$ y los directores una longitud un poco menor $L_D = \lambda/2 - 5\%$. La separación entre los elementos es de $0,15\lambda$ a $0,25\lambda$ aunque depende del fabricante. De hecho, cada fabricante tiene sus propios tipos en los que los directores y reflectores tienen una longitud y una separación determinada para conseguir la máxima ganancia y directividad.

Cuantos más elementos tengan estas antenas, mayor es la ganancia y la directividad, aunque a partir de un número de elementos prácticamente no aumentan.

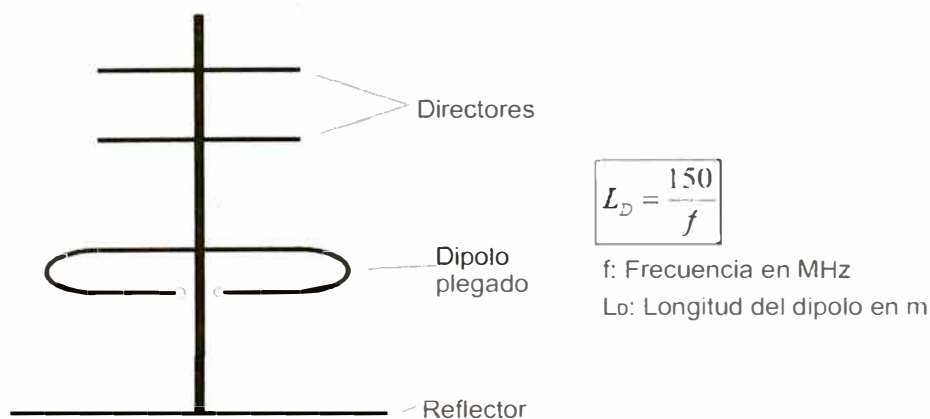


Figura 4.32 Características de la Antena Yagi

Elección de la Antena

Cuando se elige el tipo de antena que se debe colocar en una instalación, se debe tener en cuenta algunos factores como son:

Ganancia necesaria: depende del nivel de señal que llegue y el tipo de instalación (individual o colectiva).

Para ganancias pequeñas (instalaciones individuales) se pueden utilizar los tres tipos básicos estudiados tales como las antenas: yagi log periódica y la de panel.

Para ganancias altas hemos de utilizar antenas Yagi de gran ganancia y muy directivas.

Reflexiones e interferencias: si, además de la señal directa que se desea recibir, se recibe otra por detrás o de otra dirección cercana, entonces habrá que tomar las precauciones necesarias. Veamos los casos más típicos.

Usando una antena Yagi con más elementos (más directiva y con relación D/A mayor), se pueden evitar interferencias procedentes de distintas direcciones a la que apunta la antena.

Si la interferencia procede de una dirección cercana a la de recepción, se puede solucionar el problema girando la antena un poco para que quede fuera del ángulo de abertura de la antena, según se muestra en la Figura 4.33. Esto ocurre cuando la dirección de procedencia de la señal interferente puede hacerse coincidir con un cero del diagrama de radiación de la antena.

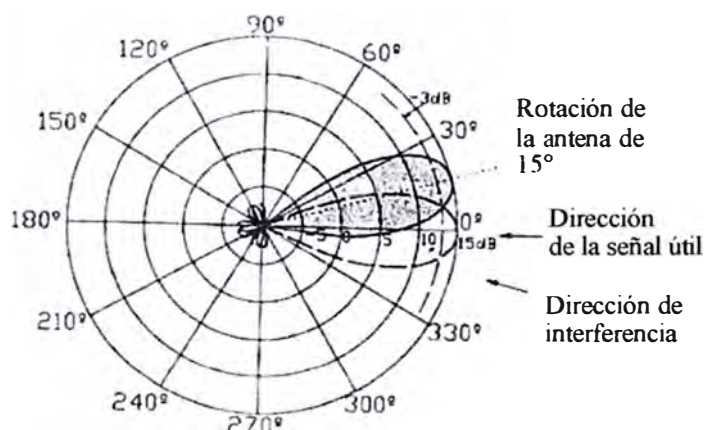


Figura 4.33 Vemos que con la rotación de la antena la dirección de interferencia cae en un nulo

4.12.2. Parámetros Técnicos de las Antenas de Emisión de la señal digital

Parámetros de la torre autosoportada para la ubicación de las antenas

- La ubicación tiene que ser una zona donde no interfiera con el patrimonio cultural de la nación.
- Analizar el clima (velocidad del viento que en Lima varía de 10 a 20 km/h)

- Se tiene que cubrir el área de influencia de la señal a transmitir
- Las plantas transmisoras de las estaciones de televisión deben ubicarse en una misma área
- Torre autosoportada triangular de 40 a 50 metros de altura
- 15 metros de sección recta y 30 de sección cónica, con 6 metros por lado en la base
- La zapata que se realiza es de 2x2x1.5
- Se debe instalar un pararrayo
- Utilización de cable coaxial con pérdidas bajas
- Área libre de 9 m por 7 m
- Aplicación de una base anticorrosivo en la estructura de la torre y estructuras de soporte
- Pintado de la estructura de la torre
- Como referencia tenemos la altura de la torre del IRTP en su estación de Lima Santa Beatriz de estructura metálica, tipo autosoportada, de 75 metros de altura, de 6 metros de sección recta y 69 de sección cónica
- La altura de la torre del IRTP construido recientemente en el morro solar es de 39 metros de altura.

Parámetros de las antenas ubicadas en la torre

Se utilizarán antenas blindadas para la recepción de la señal digital transmitida desde la estación

- El modelo a usar será la antena HP8-130-C1A de Andrews
- Diámetro de 2,4m
- Polarización por un solo lado
- Frecuencia de trabajo 12.75 a 13.25GHz
- Cobertor blanco con flash
- Reflector de una sola pieza

Se utilizarán arreglos de antenas para la posterior transmisión de la señal digital transmitida desde la estación.

- Marca RYMSA
- Opera en la banda UHF
- Formado por un arreglo de 32 paneles distribuidos en 24 paneles horizontales y 8 paneles verticales

- Ganancia del arreglo 14.68 dBd
- Orientación del sistema irradiante: 0° y 100°
- La altura del centro de radiación es de 28 metros
- En las cercanías tiene polarización vertical y en el horizonte polarización horizontal

Como referencia la ganancia de las antenas son medidas en:

1.- dBi: Es la ganancia respecto a una antena isotrópica

2.- dBd: Es la ganancia respecto a una antena dipolo

Donde la relación entre dBi y dBd es:

$$\boxed{dBi = dBd + 2.2dB} \quad (4.1)$$

4.12.3. Parámetros Técnicos de las Antenas de Recepción en exteriores

De acuerdo a la teoría expuesta y la experiencia dada en otros países se determinará los parámetros de una antena exterior

1. Altura de la ubicación de la antena

A mayor altura de la antena, implica mayor señal, es una forma de obtener mayor señal, se recomienda una altura de 3 metros sobre la edificación

2. Calidad en la infraestructura de la antena y en el cable coaxial

Usar material homologado

3. Relación D/A

Se recomienda una relación D/A mayor a 25 dB, además asegura siempre una alta directividad de la antena

4. Ganancia nominal

La ganancia debe ser de 12 a 15 dB

5. Carga al viento

Hacia el Oeste de Lima Metropolitana se utilizarán antenas que soporten vientos de hasta 160km/h (zonas como Puente Piedra, Callao)

En el Centro de Lima se utilizarán antenas de menor carga al viento

6. Frecuencia de banda ancha (Rango de recepción)

Debe recepcionar los canales del 21-60 470-790 MHz

7. Impedancia de las antenas

Impedancia de 75 Ohms

8. Ángulo de Elevación

La antena se debe instalar teniendo ligeramente un ángulo de elevación para que cualquier interferencia coincida con un nulo del diagrama de recepción, Sin embargo, se debe tener en cuenta que, se perderá un porcentaje de la ganancia, pero se asegura la disminución de alguna interferencia.

4.12.4. Parámetros Técnicos de las Antenas de Recepción en interiores

Antena de recepción

La antena para recepción de señales de televisión digital terrestre debe obligatoriamente atender como mínimo a las siguientes especificaciones:

- a) La antena debe permitir la recepción de señales de televisión digital terrestre que estén comprendidas entre los canales de VHF de 07 a 13 y los canales de UHF de 14 a 69, para los receptores del tipo fijo y móvil (full-seg) y por lo menos los canales comprendidos en la banda de UHF entre los canales 14 a 69 para los receptores del tipo portátil (one-seg).
- B) La polarización de la antena puede ser tanto vertical como horizontal.
- C) La ganancia de la antena no se especifica, por depender fuertemente de las condiciones de recepción, sin embargo se recomienda que cuando haya una antena externa instalada, la ganancia sea por lo menos equivalente a lo especificado por el tipo yagi de 14 elementos cuyas especificaciones son las siguientes (7 dB UHF canal 14).
- D) La directividad de la antena no se especifica por depender fuertemente de las condiciones de recepción, sin embargo se recomienda que cuando haya una antena externa permanentemente instalada, la instalación atienda por lo menos a las especificaciones de directividad de la ITU Recommendation BT.419-3.

4.13. Prueba de campo de la recepción de la señal digital terrestre en Los Olivos

Luego de determinar los parámetros técnicos de las antenas para la recepción de la señal digital terrestre, se realizó la comprobación de la recepción de la señal digital en una casa de Los Olivos, a la altura del kilómetro 21 de la Panamericana Norte, para ello se utilizó un software gratuito la ubicación de dicho domicilio, cuyas coordenadas son L.O.: 77°04'25.05''L.S.: 11°56'48.48'' tal como se muestra en la Figura 4.34. La dirección del domicilio es Mz. F4 Lote 42 Urb. Puerta de Pro donde se disponía de un televisor con sintonizador digital incorporado, una antena Yagi y tenía línea de vista con el morro Solar.

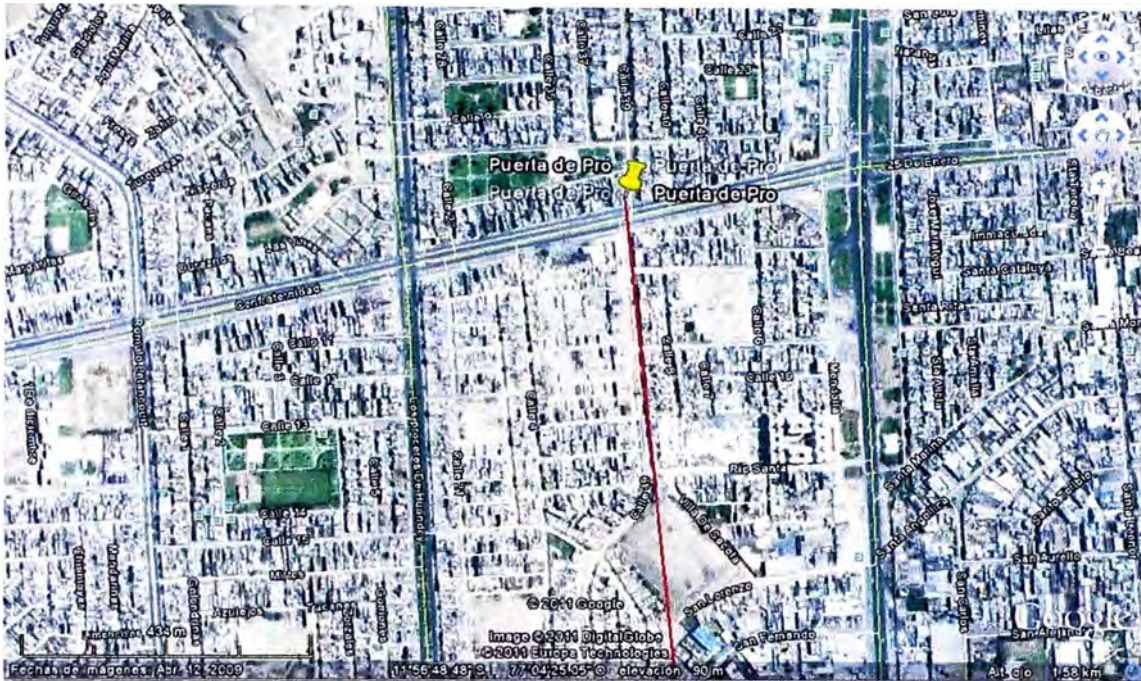


Figura 4.34 Ubicación en Los Olivos para la prueba de recepción de la señal en TDT

Coordenadas: L.O.: 77°04'25.05" L.S.: 11°56'48.48"

Luego se dirige la antena hacia el Sur donde se ubica el Morro Solar, se observa que a 5 cuadras hacia el sur se ubica una huaca, ver Figura 4.35 el cual con la experiencia realizada comprobaremos si afecta o no a la recepción de la señal.



Figura 4.35 Casa ubicada en Los Olivos (Vista hacia en dirección al Morro Solar)

En la Figura 4.36 se ilustra la antena utilizada en la experiencia cuyas características son las siguientes:

Modelo AA-M2

Banda de frecuencia: VHF-UHF

Ganancia:	20-28 dB
Impedancia:	75 Ohms
Motor Giratorio:	360°
Costo:	S/. 99.00
Fabricante:	Lcronic, sito en la Av. Inca Garcilaso de la Vega 437 El Agustino

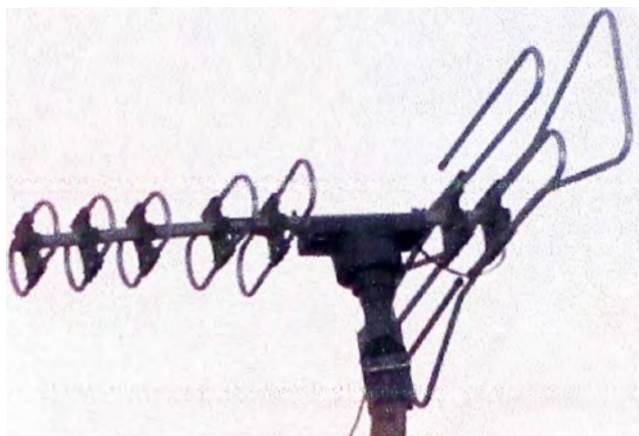


Figura 4.36 Antena Yagi utilizada para la prueba de recepción

La antena se ubicó a una distancia de 2 metros sobre la edificación, tal como se muestra en la Figura 4.37

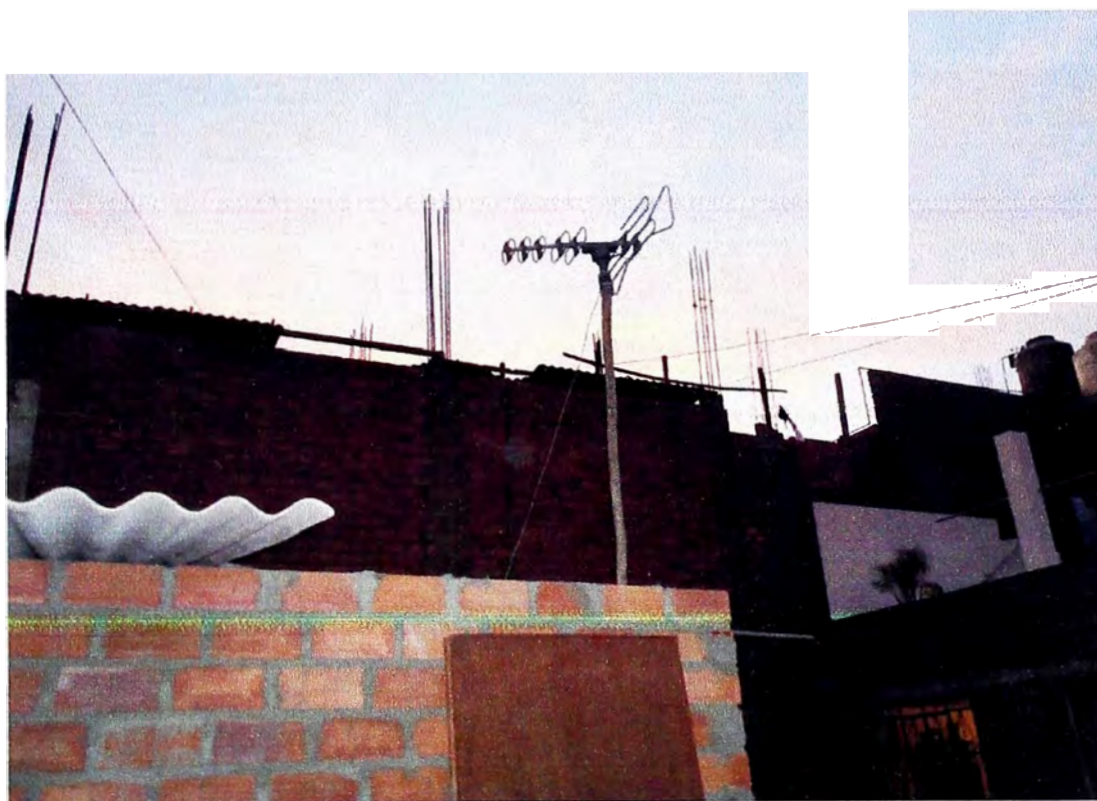


Figura 4.37 Ubicación de la antena

En seguida, se realiza la conexión del cable de la antena hacia el televisor tal como se muestra en la Figura 4.38

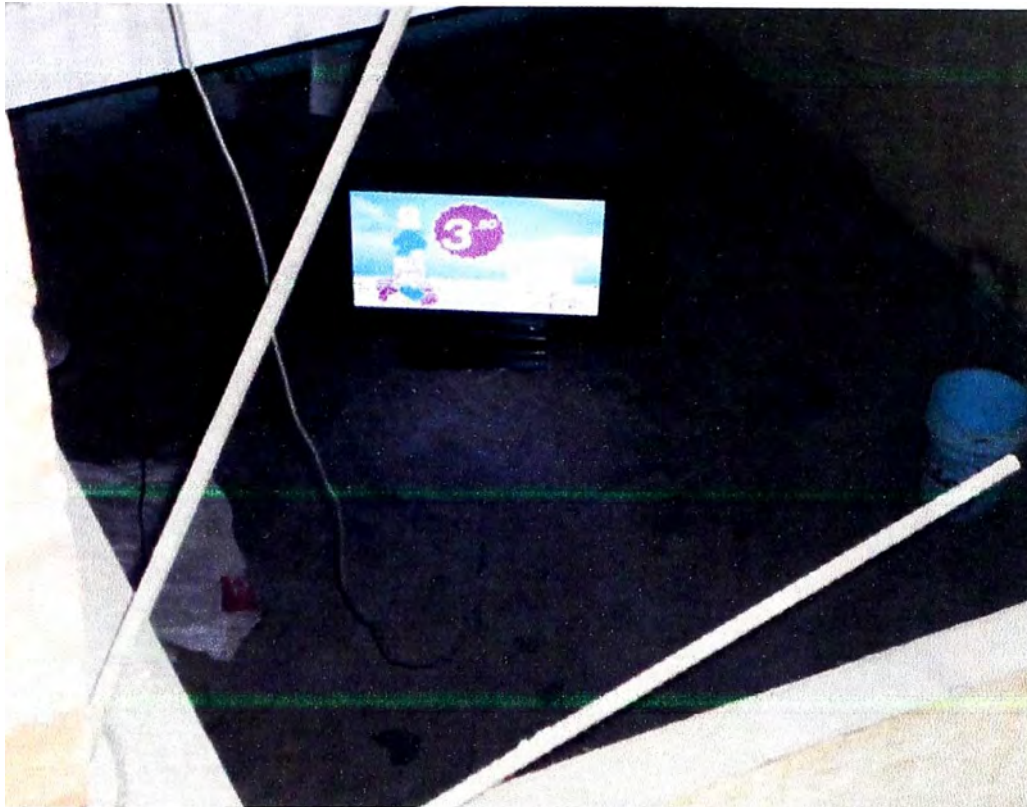


Figura 4.38 Ubicación del televisor (Nótese el cable coaxial que parte de la antena)
Si se modificaba el ángulo de elevación de la antena, se notó que había una distorsión en la señal, llegando incluso a mostrarse la pantalla negra. Ver Figura 4.39

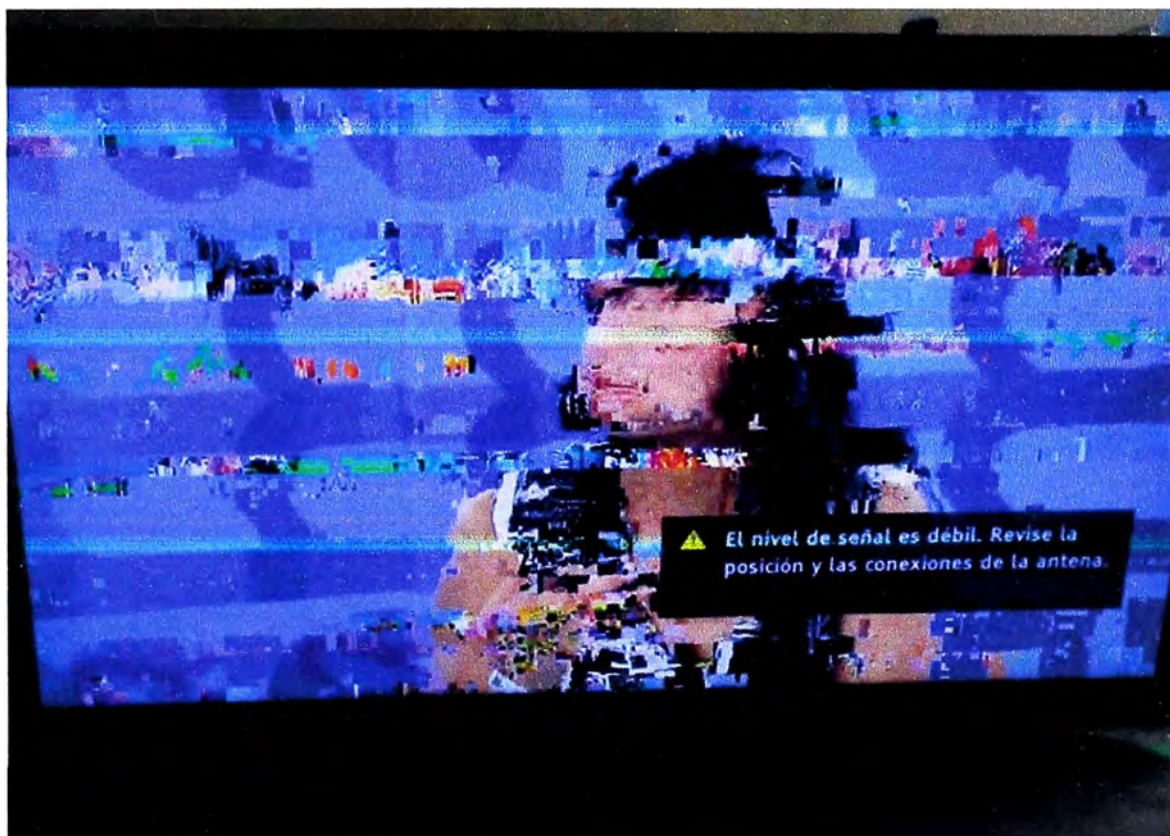


Figura 4.39 Recepción inicial del canal 7

Al realizar un movimiento de la antena se pudo hallar la ubicación para la recepción óptima de la señal, es decir, se ha sintonizado el canal de forma correcta, tal como se ilustra en la Figura 4.40.



Figura 4.40 Recepción de la señal al realizar un movimiento de la antena

Con el software se puede trazar la línea de vista entre los dos puntos y hallar la distancia entre ellos, Ver figura 4.41

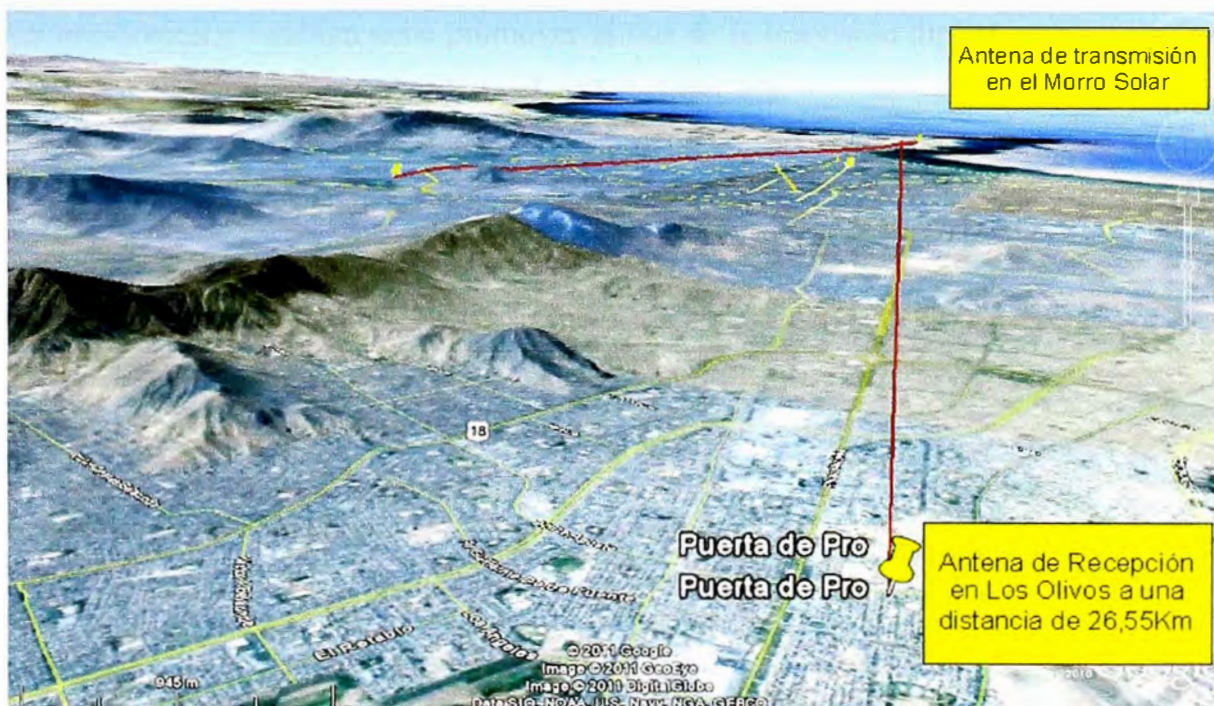


Figura 4.41 Línea de vista entre el receptor y el transmisor ubicado en Coordenadas:

77°04'25.05''

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En el Perú estamos empezando con la implementación de la transmisión de la señal de televisión digital terrestre, pero aún no se avanza lo suficientemente rápido como lo han hecho Brasil o ahora último Argentina, que a pesar de haber adoptado el estándar ISDB-T después que el Perú, ya ha cubierto la mayoría de ciudades con más de 50 000 habitantes, eso quiere decir que el Gobierno debe enfocarse más en este camino de implementar la señal digital.
2. Es importante señalar que en el Perú a través de sus universidades e institutos de investigación debe ir más allá de la simple implementación de su señal digital, sino también de la creación de empresas dedicadas a la fabricación de transmisores, antenas, software, etc.
3. La implementación de antenas para la difusión de la señal digital es responsabilidad de las radiodifusoras, el gobierno a través del MTC ha publicado los lineamientos para esta implementación y también debe promover el uso de la televisión digital en la población a través de reportajes, comunicados, pruebas de campo, etc.
4. En el caso de las zonas donde todavía no hay recepción de la señal digital, tendrán que esperar hasta que se instalen repetidoras.
5. Se recomienda a los telespectadores, antes de adquirir una antena, averiguar si la zona en donde viven está dentro del mapa de cobertura de la señal de la TDT, además que la antena de recepción cumpla con tener una ganancia mayor a 12dB, relación Adelante-Atrás de 25dB, tener buena carga al viento mayor a 100km/h, impedancia de 75 Ohms y colocarlo a una altura de 3 metros sobre la edificación a colocar.

ANEXO A
COSTOS Y PRESUPUESTOS

COSTOS Y PRESUPUESTOS

A.1.- Introducción

La transición de la transmisión de la señal analógica hacia la transmisión de la señal digital es un proceso en el cual se producirá necesariamente la sustitución y/o adaptación de los equipos receptores, transmisores y de producción audiovisual. Ello implica la necesaria realización de inversiones tanto por parte de los televidentes como parte de las radiodifusoras.

A.2.- Costo para que un usuario sustituya o adapte su televisor para que disfrute de la señal de la televisión digital terrestre

A.2.1.- Adaptación de un televisor para que reciba la señal de la televisión digital terrestre

Un teleusuario que tenga un televisor que no tiene sintonizador digital incorporado, necesita adquirir un decodificador para TV digital estándar ISDB-T y una antena Yagi.

En caso que desee adquirir una televisor con sintonizador digital incorporado, podrá adquirir un televisor LCD con sintonizador integrado y una antena Yagi.

Los precios se describen en la tabla A1.

Tabla A1. Precios de los equipos para la recepción de la señal TDT

Decodificador	Televisor LCD	Antena Yagi VHF-UHF 20-28dB
S/. 300.00	S/. 1,399.00	S/. 100.00

DECODIFICADOR PARA TV Digital HD

Para acceder a la nueva señal digital abierta y disfrutar de la Televisión HD con mejor calidad de imagen y Sonido de manera GRATUITA.



S/. 299 SETM-2010

Alta definición. Completamente estandarizado. Compatible con varios formatos de Televisores CRT, LCD, Y PLASMA. Salida Digital de audio y video. HDMI. Cód. 71334. 200 pzas.

Gratis un cable **HDMI**

ISDB-T
MP3
SALIDA HDMI
SALIDA COMPOSITE

Figura A.1 Decodificador, catálogo de Hiraoka Marzo 2011



Figura A.2 Televisor LCD con sintonizador digital incorporado

A.2.2.- Antena estándar para la recepción de la señal digital terrestre

Modelo AA-M2

Banda de frecuencia: VHF-UHF

Ganancia: 20-28 dB

Impedancia: 75 Ohms

Motor Giratorio: 360°

Costo: S/. 99.00

Fabricante: Lctronic, sito en la Av. Inca Garcilaso de la Vega 437 El Agustino

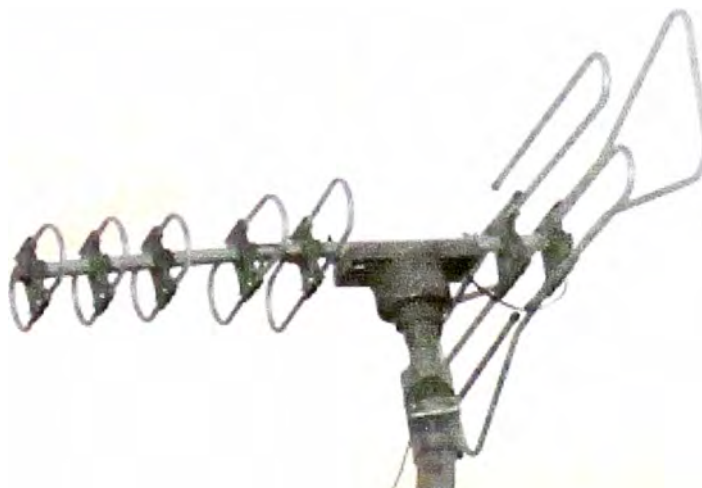


Figura A.3 Antena Yagi modelo AA-M2

A.3.- Costo para las radiodifusoras

El costo incurrido por los radiodifusores es para la adquisición de equipos para realizar adecuaciones y sustituciones de equipamiento en los elementos de red, así como se ilustra en la siguiente figura.

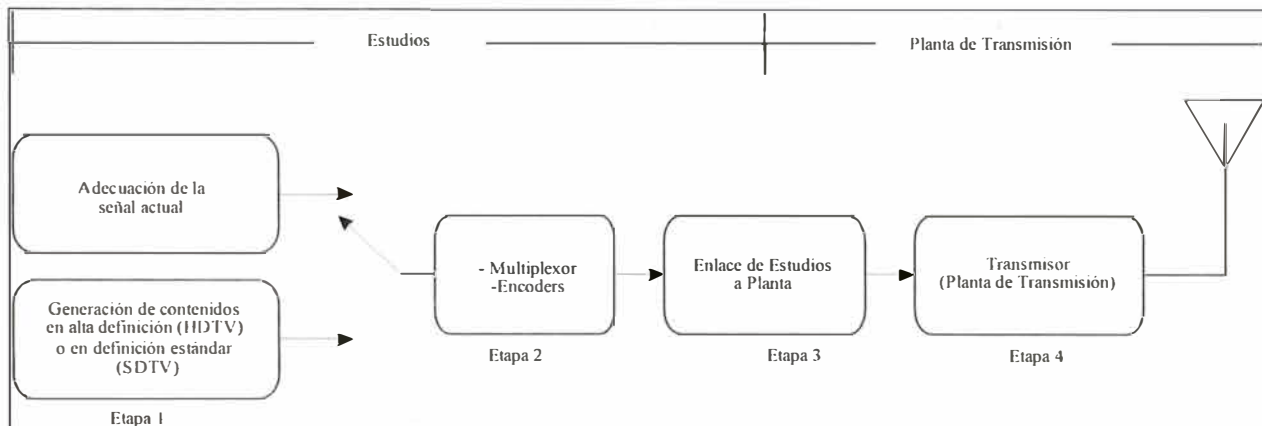


Figura A.4 Etapas necesarias para la implementación de un sistema de televisión digital terrestre

Se ha considerado el presupuesto determinado por el Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú (IRTP) para la emisión de su señal digital en alta definición.

Los costos en cada etapa son detallados en las tablas A1 y A2.

Tabla A1. Costos en las etapas 1 y 2

Etapa 1		Etapa 2	
Adecuar los contenidos actuales para ser transmitidos en definición estándar (SDTV)	Generación de contenidos en formato digital Transmisión en HDTV	Incluye 2 codificadores para transmitir a receptores fijos y otro para receptores portátiles	Adquisición de Multiplexores y sistemas de control respectivos
\$ 70,000	\$ 1'500,000	\$ 180,000	\$ 50,000

Tabla A1. Costos en las etapas 3 y 4

Etapa 3	Etapa 4
Equipamiento necesario para transmitir los contenidos generados en estudio hacia la planta de transmisión	Planta de Transmisión, los moduladores ISDB-T, amplificadores y antena
\$ 190,000	\$ 800,000

Por ello, teniendo presente las importantes inversiones que la digitalización del servicio demandará, se ha establecido un transición flexible, que permite a las radiodifusoras desarrollar sus estrategias de negocio y adaptarse a un nuevo entorno en el que, previsiblemente, los televidentes demandarán servicios cada vez más adaptados a sus preferencias individuales de contenidos y calidad.

Adquisiciones por parte de las radiodifusoras

Tomamos como referencia la adquisición de Equipos HD para Producción realizados por el IRTP que incrementarán la cantidad de contenidos en Alta Definición

02 Switcher de Producción

18 Monitores de 24'' y 07 de 52''

01 Generador de Caracteres 2 Ch y 3D

08 Cámaras de Estudio

10 Camcorder con Memorias de Estado Sólido

01 Servidor Central y 01 Servidor de Emisión

01 Router 64x64

06 Islas de Edición para Programas de entretenimiento

04 Islas de Edición para Programas Informativos

10 Islas para Periodistas

01 Sistema de Archivo LTO con 120 slots (suministro 100 cartuchos de 500GB)

01 FlyAway y Upgrade a los 2 actuales

02 Switcher Portátil

01 Sistema de Iluminación (Dimmer, Luces Frías, Soft, Ciclorama, Fresnel)

01 Unidad Móvil HD para alta definición donada por la nippon Hoso Kyokai



Figura 4.1 Unidad Móvil HD para la transmisión desde el lugar de los hechos.

ANEXO B
PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL DEL CANAL 16 UHF
EN LIMA Y CALLAO

PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL DEL CANAL 16 UHF EN LIMA Y CALLAO

MER: Modulation Error Ratio Es la representación numérica del vector de error, que es la diferencia entre la señal patrón que debería recibirse y la señal con errores que realmente se recibe. El cálculo del valor del MER es un proceso matemático muy rápido (para medir hay que monitorizar en frecuencia fase)

$$MER = \frac{\text{Potencia de la señal de error}}{\text{Potencia de la señal recibida}} \text{ dB} \quad (\text{B.1})$$

Mayor dispersión = MER bajo (+error)

Menor dispersión = MER alto (-error)

Intensidad de campo: dBuV/m

Tabla B.1 Mediciones de la señal digital terrestre del canal 16

Puntos de Medición de la señal de televisión digital del canal 16 (TVPerú) en las provincias de Lima y Callao							
N°	Ubicación	Distrito	HD	SD	One seg	Intensidad de campo dBuV/m	MER(dB)
1	Av Separadora Industrial. Cuadra 40 .Cerveceria Cristal	Ate	Si	Si	Si	97	33.9
2	Carretera Central Km 7 1 2 Centro Comercial Plaza Vitarte	Ate	Si	Si	Si	74.7	19.7
3	Interseccion Av. Nestor Gambetta con Av. Morales Duarez	Callao	Si	Si	Si	90.9	37.2
4	Interseccion Av. Morales Duarez con Av. Elmer Faucett	Callao	Si	Si	Si	85.8	32.9
5	Av. Nestor Gambetta Km 14 Altura Puente Chillon	Callao	Si	Si	Si	70.3	21.1
6	Urb Santa Leonor Primera Etapa Parque N° 1 .Murcielago	Chorrillos	Si	Si	Si	100.2	40.3
7	Interseccion Av Miraflores con Calle Cesar Vallejo	Comas	Si	Si	Si	73.7	26
8	El Ermitano. 1er Sector Av. Los Jazmines cuadra 1	Independencia	Si	Si	Si	68.6	22.8
9	El Ermitano. Calle Los Membrillos cuadra 1	Independencia	Si	Si	Si	74.1	13.9
10	Independencia. Av Las Americas cuadra 2	Independencia	Si	Si	Si	80.4	32.7
11	Tahuantinsuyo. Primera Zona	Independencia	Si	Si	Si	79.8	25.2
12	Tahuantinsuyo. Cuarta Zona	Independencia	Si	Si	Si	71.1	16.2
13	Payet S3 A.H. Jose Olaya. Calle Chorrillos	Independencia	Si	Si	Si	74.8	20.4
14	Campo de Marte	Jesús María	Si	Si	Si	84.9	34.7

16	Av La Molina. Altura Rinconada del Lago	La Molina	Si	Si	Si	70	17.7
17	Municipalidad de La Punta	La Punta	Si	Si	Si	84.1	36.2
18	Estadio Nacional Lima	Lima	Si	Si	Si	102.7	28.6
19	Plaza de Armas Lima	Lima	Si	Si	Si	78.7	19.7
20	Urb. El Trebol Cuarta Etapa. Av. Alfa	Los Olivos	Si	Si	Si	80.4	31.2
21	Sol de Oro. Parque La Luna	Los Olivos	Si	Si	Si	74.3	29.5
22	Municipalidad de Los Olivos	Los Olivos	Si	Si	Si	70.6	23.4
23	Av. Panamericana Norte Km 22	Los Olivos	Si	Si	Si	96.9	40.1
24	Plaza del A.H. Julio Cesar Tello	Lurín	Si	Si	Si	73.9	31.1
25	Plaza de Armas de Lurin	Lurín	Si	Si	Si	81.7	36
26	Calle Prolongacion Bolivar. Cuadra 6	Lurín	Si	Si	Si	83.2	37.1
27	Puente Mala. Km 86 Panamericana Norte	Mala	Si	Si	Si	70.9	25.9
28	Parque Central Municipalidad	Miraflores	Si	Si	Si	88.1	31.5
29	Municipalidad de Pachacamac	Pachacamac	Si	Si	Si	59	17.5
30	Plaza Principal Pucusana	Pucusana	Si	Si	Si	75.1	31.6
31	Parque de Asociacion de Vivienda Cruz de Motupe	Puente Piedra	Si	Si	Si	93.2	37.2
32	Asociacion El Naranjo Altura Km 28.5 Panamericana Norte	Puente Piedra	Si	Si	Si	102	38.9
33	Municipalidad de Puente Piedra	Puente Piedra	Si	Si	Si	64.6	15.5
34	Asociacion El Porvenir	Puente Piedra	Si	Si	Si	64.2	20.5
35	Zapallal. Agrupamiento Luya 3ra Etapa. Loma de Zapallal	Puente Piedra	Si	Si	Si	80	33.4
36	Urb. Ventura Rossi. Parque de la Urbanizacion	Rímac	Si	Si	Si	86.9	36.2
37	Flor de Amacaes. .A.H. Municipal de Miraflores	Rímac	Si	Si	Si	89.6	28
38	San Juan de Amancaes. Paradero ATC	Rímac	Si	Si	Si	85.1	34.5
39	Universidad Nacional de Ingenieria	Rímac	Si	Si	Si	71.8	22.4
40	Plaza Principal	San Bartolo	Si	Si	Si	88.5	34.1
41	Av. Las Begonias Cuadra 5	San Isidro	Si	Si	Si	93.6	30.3
42	Jr. Juan de Arona Cuadra 6	San Isidro	Si	Si	Si	96.4	40.6
43	Jr. Victor A. Belaunde Cuadra 1	San Isidro	Si	Si	Si	84.1	36.1
44	Ovalo Gutierrez	San Isidro	Si	Si	Si	93.7	34.1
45	Las Flores. Parque Zonal Wiracocha	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	77.4	27.3
46	Canto Grande. Interseccion Av Wiese con Av Santa Rosa	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	98.1	41.8
47	Canto Rey. Av Fernando Wiese con Av El Muro	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	73.6	20.4
48	Limite A.H. Cruz de Motupe y Montenegro. En la Av Wiese	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	67.7	20.5
49	Jicamarca	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	70.2	21.4
50	Mangomarca. Prolongacion Av Las Lomas cuadra 15	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	69.6	21.4

51	Campoy. Av D .a 4 cuadras de Av Campoy	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	83.2	37.4
52	Jicamarca. Plaza Principal .Parte Baja	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	72.6	23.8
53	Av Union Anexo 8 .Zona en la parte elevada de Jicamarca	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	81.4	36.2
54	Cajamarquilla. Av Cajamarquilla	S. J. de Lurigancho	Si	Si	Si	92.8	35.4
55	Municipalidad de San Juan de Miraflores	S. J. de Miraflores	Si	Si	Si	119.9	42.4
56	Pamplona Alta. La Rinconada	S. J. de Miraflores	Si	Si	Si	98.1	36.2
57	Urb. Palao 2 Huaca Palao	San Martín de Porres	Si	Si	Si	85.2	38.9
58	Urb. Naranjal. Interseccion Calle Llata y Tantamayo	San Martín de Porres	Si	Si	Si	70.7	26
59	Playa de Entrada Principal	Santa María	Si	Si	Si	84.6	33
60	Av Ayacucho cuadra 3	Surco	Si	Si	Si	93.7	27.6
61	Av Circunvalacion El Golf cuadra 11	Surco	Si	Si	Si	80.4	35.2
62	Urb. Antonio Moreno de Caceres. Sector 5. Plaza Principal	Ventanilla	Si	Si	Si	69.6	17.2
63	Urb. Naval Parque del Niño	Ventanilla	Si	Si	Si	73.5	19.5
64	Pachacutec. Comisaria	Ventanilla	Si	Si	Si	96.4	40.8
65	Local de Sedapal. Av Industrial Sector 1	Villa El Salvador	Si	Si	Si	85.2	39.5
66	Municipalidad de Villa El Salvador	Villa El Salvador	Si	Si	Si	96.7	36.7
67	Sector 4 de Villa El Salvador	Villa El Salvador	Si	Si	Si	89.9	25
68	San Gabriel Alto. Parque Nº 1	Villa María	Si	Si	Si	89.9	38.6
69	Municipalidad de Villa Maria	Villa María	Si	Si	Si	92.7	37.1
70	Nueva Esperanza. Av 26 de Noviembre cuadra 16 .Curva	Villa María	Si	Si	Si	87.3	33.6
71	Nueva Esperanza. Virgen de Lourdes Av Atocongo cuadra 22	Villa María	Si	Si	Si	66.7	17.4
72	Nueva Esperanza. Virgen de Lourdes Av Atocongo cuadra 26	Villa María	Si	Si	Si	71.6	26.6
73	Jose Gálvez. Av Lima. Paradero Nº 4	Villa María	Si	Si	Si	79.7	28.4
74	Jose Gálvez Av. Lima. Paradero Nº 5	Villa María	Si	Si	Si	83.2	30.8
75	Jose Gálvez Av. Lima. Paradero Nº 6	Villa María	Si	Si	Si	78	23.5
76	El Rosario de Asia	Asia	Si	Si	No	61.1	18
77	Carabayllo. Interseccion Av Merino y Saenz Pena	Carabayllo	Si	Si	No	70.2	15.4
78	El Progreso. Av Manuel Prado cuadra 1	Carabayllo	Si	Si	No	70.9	16.6
79	A.H. Olofame	Chilca	Si	Si	No	63.4	21.4
80	Plaza Principal	Chilca	Si	Si	No	71.8	29.9
81	Municipalidad	Comas	Si	Si	No	69.6	16.1

82	Av Belaunde Este cuadra 2	Comas	Si	Si	No	67.3	16.9
83	Av Belaunde Este cuadra 11	Comas	Si	Si	No	64.5	17.1
84	Collique Cuarta Zona Av Revolucion cuadra 30	Comas	Si	Si	No	70.3	9.8
85	Interseccion Jr. 3 de Noviembre e Hipolito Unanue	Independencia	Si	Si	No	63.9	14.8
86	Av. Santiago Antunez de Mayolo cuadra 10	Los Olivos	Si	Si	No	68.7	23
87	Covida. Parque San Martin	Pachacamac	Si	Si	No	73	26.5
88	Portada de Manchay. Ampliación 1	Santa Rosa	Si	Si	No	59.7	18.6
89	Santa Rosa .Balneario. Parque Central	Ancón	Si	Si	No	61.4	18.4
90	Villa Estela. Avenida A Mz G	Ancón	No	No	No	54.4	11
91	Santa Rosa. Entrada Panamericana Norte	Ancón	No	No	No	48.9	-2.3
92	Ancon. Plaza Principal	Ate	No	No	No	52.7	-7
93	Asociacion Vecinal San Roque	Ate	No	No	No	62.9	10.4
94	Santa Clara – Manylsa Av Acapulco	Ate	No	No	No	57.6	3.6
95	Santa Clara. Parque Central	Ate	No	No	No	60.8	8
96	Horacio Zevallos. Biblioteca Parroquial Santa Maria	Ate	No	No	No	61.5	7.9
97	Huaycan. Plaza Principal Ate	Ate	No	No	No	52.7	2.6
98	El Progreso. Cuarto Sector. Av Manuel Prado cuadra 10	Carabayllo	No	No	No	54	5
99	Urb. Torre Blanca. Altura Km 23.5 Tupac Amaru	Carabayllo	No	No	No	51.3	0.7
100	Plaza Principal. Carretera Central Km 25	Chaclacayo	No	No	No	43.1	-8.5
101	Puente Los Angeles Carretera Central Km 27.5	Chaclacayo	No	No	No	42.3	-9.5
102	Plaza Principal	Chosica	No	No	No	53.3	0.5
103	Av Bolivar cuadra 3 Entrada a Santa Eulalia	Chosica	No	No	No	40.5	-9.7
104	Av San Martin Altura Poblado Las Cumbres de Cieneguilla	Cieneguilla	No	No	No	72.2	11.3
105	Av San Martin Altura Poblado Tambo Viejo	Cieneguilla	No	No	No	44.9	-8.8
106	Tercera Etapa de Cieneguilla. carretera a Huarochiri	Cieneguilla	No	No	No	40.4	-9.1
107	Interseccion Av Juan Velasco Alavarado con Av Grau	Comas	No	No	No	58.2	5.6
108	Collique Primera Zona Av Revolucion cuadra 6	Comas	No	No	No	61.2	13.8
109	Interseccion Av Los Fresnos con Av Las Vinas de la Molina	La Molina	No	No	No	65.2	15
110	Musa. Altura acceso a Manchay	La Molina	No	No	No	65.3	13.6
111	Plaza Principal	Mala	No	No	No	42	-9.2
112	Manchay. Av Victor Malasquez A.H. Portada de Manchay	Pachacamac	No	No	No	47.4	-2.7
113	Manchay. Interseccion Av Malasquez con Av Los Naranjos	Pachacamac	No	No	No	43.3	-8.8
114	Huertos de Manchay. Plaza .Parroquia Espiritu Santo	Pachacamac	No	No	No	47.9	0.4

115	Zapallal. Jr. Zapallal cuadra 12 Centro Poblado Zapallal	Puente Piedra	No	No	No	56.9	5
116	Carretera Central Km 44.5	Ricardo Palma	No	No	No	40.1	-9.5
117	Puente Ricardo Palma	Ricardo Palma	No	No	No	39.2	-9.2
118	Av San Martin cuadra 9	Santa Eulalia	No	No	No	43.8	-8.7
119	Plaza Principal	Santa Eulalia	No	No	No	48.5	-2.3
120	Municipalidad de Ventanilla	Ventanilla	No	No	No	49.3	-6.9
121	Mi Peru. Plaza Principal	Ventanilla	No	No	No	61.5	8.4
122	Mi Peru. Av. Huaura Mz A-11	Ventanilla	No	No	No	57.7	9
123	A.H. Villa Los Reyes. Plaza Principal	Ventanilla	No	No	No	55.1	14.1

ANEXO C
TRANSMISOR Diamond CD DHD8P1
(RDMA)

TRANSMISOR DiamondCD DHD8P1(RDMA)

DiamondCD transmitters, featuring state-of-the-art LDMOS, solid-state technology, provide a new level of UHF reliability.

Each DiamondCD system includes a control cabinet and one to five power amplifier cabinets. The control cabinet houses the system controller, exciter, monitoring and control panel/graphical user interface, driver amplifier, and an optional second exciter and driver with automatic changeover.

Features/ Benefits

Available with the Apex exciter, incorporating the latest in Real Time Adaptive Correction (RTACTM) technology. With it's own integral touch screen control, Apex provides linear and non-linear continuous automatic correction of the entire transmitter and RF system, optimizing performance.

Developed exclusively to deliver no-compromise DTV coverage, reliability, and performance.

Parallel operation of redundant, independent, and "smart" components provide new level of on-air reliability - even during maintenance.

Intuitive Graphical User Interface (GUI) provides simple and easy control of the DiamondCD.

Standard parallel remote control interfaces facilitates remote control and monitoring.

Simple, reliable positive pressure air-cooled design.

Harris DiamondCD Series Transmitter Specifications

General

RF Load Impedance: 50 Ohms, 1.1:1 VSWR over specified TV channel

RF Output Connector: 3 1/8" EIA (PA cabinet outputs)

Frequency Range: Any specified UHF TV Channel, 470-806MHz

Data Input: SMPTE-310M 19.39Mb/s

Data input Connector: BNC, 75 Ohms

PFCC Input: 10 MHz sinusoid, 0 to +10dBm, BNC, 50 Ohms

Performance

Stability of output power: +/- 2% or better

Frequency Stability (Pilot): +/-200 Hz / month

DTV Power Output: Model Output Power

DHD8P1 8kW Peak, 1,8 kW Average

Frequency Offsets: per FCC requirements

SNR (MER): mayor o igual a 27dB

Condiciones de Servicio

Rango de la temperature ambiental: 0 +45 °C

Rango de la humedad del ambiente: 0 to 90% humedad relativa

Altitud: 0 -2,250 m.s.n.m.

Factor de Potencia: 0,97 o mejor

Power Consumption: DHD8P1 29.5kW



Figura C.1 Transmisor Diamond CD DHD8P1

ANEXO D
GLOSARIO

GLOSARIO

Apagón analógico.- Cese de las emisiones analógicas de los servicios de radiodifusión por televisión.

ARIB.- (Association of Radio Industries and Businesses) Organización establecida como una corporación de servicio público por parte del Ministerio de las Telecomunicaciones del Japón

BST-OFDM (Band Segment Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

Canal de radiofrecuencia o frecuencia.- Canal de 6 MHz destinado a la transmisión de señales de televisión.

CCD.- Charge Coupled Device

HDTV.- Televisión de Alta definición (High Definition Television)

ISDB – T.- Transmisión de Radiodifusión Digital de Servicios Integrados –Terrestre (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial).

Localidad.- Zona de servicio definida por el Ministerio en base a parámetros técnicos, dentro de la cual los radiodifusores autorizados pueden prestar el servicio de radiodifusión por televisión.

One Seg.- Formato que especifica la transmisión de audio y vídeo digital en la banda de 2.6 GHz

PNAF.- Plan Nacional de Atribución de Frecuencias

Receptor portátil.- Dispositivo receptor de la señal de televisión digital terrestre que cuenta con al menos un receptor One-seg del estándar ISDB-T. Estos receptores pueden ser teléfonos móviles, receptores USB, Palms, receptores para vehículos, entre otros.

Receptor fijo.- Dispositivo receptor de la señal de televisión digital terrestre que cuenta con al menos un receptor del estándar ISDB-T. Estos receptores pueden ser televisores con el receptor ISDB-T incorporado, set-top-boxes, entre otros.

SDTV.- Televisión Digital Convencional (Standard Definition Television)

Señal analógica.- Señal de variación continua, la cual puede tomar cualquier valor para representar información. En el Perú, la señal analógica es la que se encuentra definida por el estándar NTSC-M, de acuerdo a las Normas Técnicas del Servicio de Radiodifusión aprobadas por Resolución Ministerial No. 358-2003-MTC/03.

Señal digital.- Señal de variación discreta, la cual puede tomar únicamente ciertos valores predeterminados para representar información. En el Perú, la señal de televisión digital se encuentra definida por el estándar ISDB-T, de acuerdo a la Resolución Suprema No. 019-2009-MTC.

TDT.- Televisión Digital Terrestre

Televisión Digital Terrestre.- Servicio de radiodifusión por televisión que es prestado utilizando la tecnología digital.

UHF.- Banda atribuida para la prestación del servicio de radiodifusión por televisión, según el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias – PNAF.

VHF.- Banda atribuida para la prestación del servicio de radiodifusión por televisión, de acuerdo al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Transmisión de Televisión Digital Terrestre ISDB-T presentado por DIBEG - Digital Broadcasting Experts Group”
<http://www.ar.emb-japan.go.jp/Notas/090901TelevisionDigital.pdf>
- [2] “Proyecto de Decreto supremo que aprueba el Plan Maestro para la implementación de la TDT en el Perú”.
<http://comunicacioneselectronicas.com/downloads/Peru/MTCmar2010.pdf>
- [3] TMW antennas
http://www.commscope.com/andrew/eng/product/antennas/ter_microwave/tmw_antennas/index.html
- [4] “Transmisor Harris Diamond DHD8P1”
<http://www.fmamtv.com/products/TV/Used%20TV%20Transmitters/Harris%20Diamond%20CD%20Series%20Specs.pdf>
- [5] "Norma brasileña" Televisión digital terrestre-Receptores
http://www.dtv.org.br/download/es-es/ABNTNBR15604_2007Esp_2008.pdf
- [6] “Guía práctica de TDA”
http://www.tvdigitalargentina.gob.ar/tvdigital/normativa?t=&opt=3¶ms=tag:normativa_documentos&search=&d=&m=&y=&url_back=/tvdigital/aplicaciones/noticias&page=&sm=cid&id=313&cv=noticia
- [7] SET_TOP_BOX(Informe_de_Avancel).pdf
[http://aat.inictel-uni.edu.pe/files/SET_TOP_BOX\(Informe_de_Avancel\).pdf](http://aat.inictel-uni.edu.pe/files/SET_TOP_BOX(Informe_de_Avancel).pdf)
- [8] “TDT_IndoorTest_FINAL.pdf”
http://aat.inictel-uni.edu.pe/files/TDT_IndoorTest_FINAL.pdf
- [9] “Revista Virtual – Buenas Noticias del MTC”
<http://revistavirtual.mtc.gob.pe/index.html>.
- [10] “PMD assessment of installed fiber plant for 40 gbit/s transmission”
<http://es.scribd.com/doc/23194947/Revista-SET-Edicion-Especial-ISDB-T>
- [11] “Televisión Digital Terrestre ”
http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Digital_broadcast_standards.svg
- [12] “Televisión Digital desde el punto de la antena”
<http://delgado.redes.imasdeuni.org/seminarioRTV2009/Microsoft%20PowerPoint%20-%20Presentaci%F3n%20Kathrein%20-%20Intelect%20Per%FA.pdf>

- <http://delgado.redes.imasdeuni.org/seminarioRTV2009/Microsoft%20PowerPoint%20-%20Presentaci%F3n%20Kathrein%20-%20Intelect%20Per%FA.pdf>
- [13] “Encoder NEC VC 7300”
http://www.nec.com/global/solutions/nsp/iptv/components_01.html
- [14] “Protocolo de pruebas para la adopción del estándar en Perú”
www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/20071030_protocolo_pruebas_final.pdf
- [15] ISDB-T presentado por DiBEG
<http://www.ar.emb-japan.go.jp/Notas/090901TelevisionDigital.pdf>
- [16] Artículo de arquitectura del clarín
http://www.clarin.com/arquitectura/gran-torre-todas-antenas_0_398360200.html
- [17] Domogenio soluciones S.L. Telecomunicaciones y Domótica
<http://www.domogenio.es/Documentos/Proyectos-reemisores-TDT-Gap-Fillers.pdf>
- [18] Lineamientos de la Plataforma Nacional de Televisión Digital Terrestre-Argentina
http://www.copitec.org.ar/comunicados/Decreto-364.2010_Anexos.pdf
- [19] Artículo de El Comercio “Señal digital en HD no llega a todo Lima”
<http://blogs.elcomercio.pe/vidayfuturo/2010/06/senal-digital-en-hd-no-llega-a.html>
- [20] Instalación de Antenas de TV, Isidoro Berral Montero. 2da Edición Paraninfo 2007
- [21] Revista SET Edición Especial ISDB-T
- [22] Antenas de TV clases del Ing. Marcial López Tafur UNI-FIEE
- [23] Televisión Digital Terrestre “Consideraciones Importantes” Dr. Guillermo Kemper Vásquez
- [24] Transmisión de Televisión Digital Terrestre presentado por DiBEG (Digital Broadcasting Experts Group)