

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **ESTUDIO TÉCNICO PARA LA TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL, DE LA OPERADORA ELITE TV, APLICANDO EL ESTÁNDAR ISDB-TB**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**GABRIEL ALFONSO MOYA MORALES**

**gabriel\_gamm@hotmail.com**

**DIRECTOR: Ing. LUIS PONCE GUEVARA MSc.**

**luis.ponce@epn.edu.ec**

**CODIRECTORA: Ing. MÓNICA VINUEZA RHOR MSc.**

**monica.vinueza@epn.edu.ec**

**Quito, febrero 2018**

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Gabriel Alfonso Moya Morales, bajo nuestra supervisión.

---

Ing. Luis Ponce Guevara MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

---

Ing. Mónica Vinuesa Rhor MSc.

CODIRECTORA DE PROYECTO

## DECLARACIÓN

Yo, Gabriel Alfonso Moya Morales, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Gabriel Alfonso Moya Morales

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia.

**Gabriel Alfonso Moya Morales**

# CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	I
DECLARACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	1
Objetivo General.....	1
Objetivos Especificos.....	1
1.2 Alcance.....	2
1.3 Fundamento Teórico.....	2
ELITE TV.....	2
Estándar Japonés-Brasileño (ISDB-TB).....	3
Modificaciones adoptadas en Brasil.....	6
Esquema de modulación.....	11
Propiedades ópticas de las ondas electromagnéticas.....	12
Propagación de ondas terrestres.....	17
Zona de fresnel.....	18
Simulador <i>Radio Mobile</i> .....	18
2 METODOLOGÍA.....	20
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
3.1 Solicitud y recopilación de información en la operadora ELITE TV.....	23
Infraestructura interna.....	24
Infraestructura externa.....	31
Análisis de equipos infraestructura interna ELITE TV.....	35
3.2 Análisis para radio enlace.....	39
Ubicación de los puntos a enlazar.....	40

Banda de frecuencias temporales de TDT .....	41
Zona geográfica.....	41
Autorizaciones temporales para TDT .....	42
Especificaciones del enlace .....	43
Configuraciones y análisis del radio enlace en el simulador .....	47
3.3 Análisis para la cobertura del transmisor en el simulador .....	50
Patrón de radiación panel PD2000 .....	51
Análisis y configuraciones para el transmisor .....	53
3.4 Infraestructura útil para el proyecto.....	56
3.5 Cálculo teórico y simulación del radio enlace.....	56
Cálculo teórico.....	56
Simulación de radio enlace .....	58
3.6 Cálculo y simulación de la cobertura del transmisor .....	62
Simulación de la cobertura del transmisor .....	63
3.7 Presupuesto estimado del enlace y transmisor.....	66
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	67
Conclusiones .....	67
Recomendaciones.....	68

## **ANEXOS**

ANEXO I ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE RADIO ANALÓGICO

ANEXO II ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL RADIO DIGITAL

ANEXO III ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ANTENA - TRANSMISOR

ANEXO IV CONCESIÓN DE FRECUENCIA ELITE TV

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Parámetros principales ARIB .....	9
Tabla 3.2 ELITE TV información general .....	23
Tabla 3.3 ELITE TV Información técnica .....	23
Tabla 3.4 Equipos del estudio o set .....	26
Tabla 3.5 Equipos de dirección de cámaras .....	27
Tabla 3.6 Equipos de audio y sonido .....	28
Tabla 3.7 Equipos de edición y postproducción .....	30
Tabla 3.8 Equipos de control master.....	31
Tabla 3.9 Parámetros del enlace y sistema radiante .....	32
Tabla 3.10 Análisis de equipos utilizados en el estudio o set.....	35
Tabla 3.11 Análisis de equipos utilizados en la dirección de cámaras .....	36
Tabla 3.12 Análisis de equipos utilizados en audio y sonido .....	37
Tabla 3.13 Análisis de equipos utilizados en edición y postproducción.....	38
Tabla 3.14 Análisis de equipos utilizados en control master .....	38
Tabla 3.15 Datos para el enlace de microonda.....	40
Tabla 3.16 Bandas y canales de frecuencias temporales para TDT .....	41
Tabla 3.17 Zona geográfica para Cotopaxi y Tungurahua .....	41
Tabla 3.18 Grupos y canales UHF para Tungurahua y Cotopaxi .....	42
Tabla 3.19 Características del DIGITAL MICROWAVE LINK.....	43
Tabla 3.20 Enlace datos generales para cálculos .....	44
Tabla 3.21 Pérdidas máximas por tipo de servicio .....	47
Tabla 3.22 Parámetros MOT 100 A .....	47
Tabla 3.23 Parámetros antena PD2000.....	50
Tabla 3.24 Valores de EXCEL obtenidos para radiación de la antena .....	52

Tabla 3.25 Resultados obtenidos mediante Radio Mobile vs calculados.....	62
Tabla 3.26 Nivel de intensidad de campo .....	63
Tabla 3.27 Población Cubierta.....	65
Tabla 3.28 Cotización de equipos OMB .....	66
Tabla 3.29 Cotización de equipos varias marcas .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama general para la transmisión .....	4
Figura 1.2 División del canal y distribución de portadoras .....	5
Figura 1.3 Diagrama de bloques de red de transporte .....	5
Figura 1.4 Segmento <i>One-Seg</i> estándar ISDB-Tb .....	6
Figura 1.5 Evolución de las técnicas de compresión .....	6
Figura 1.6 Uso del <i>time interleaving</i> .....	7
Figura 1.7 Arquitectura de <i>ginga</i> .....	8
Figura 1.8 Transmisión jerárquica y recepción parcial .....	11
Figura 1.9 Constelación QPSK .....	12
Figura 1.10 Tasa de bits para las formas de QAM .....	12
Figura 1.11 Absorción atmosférica .....	13
Figura 1.12 Refracción de rayos incidentes .....	14
Figura 1.13 Reflexión electromagnética .....	14
Figura 1.14 Reflexión en superficie irregular .....	15
Figura 1.15 Principio de Huygens para un frente de onda plano .....	15
Figura 1.16 Interferencia constructiva y destructiva .....	16
Figura 1.17 Polarización onda transversal electromagnético .....	16
Figura 1.18 Rayos y frente de onda .....	17
Figura 1.19 Zona de Fresnel .....	18
Figura 1.20 Propiedades de unidades .....	19
Figura 1.21 Propiedades de redes .....	20
Figura 3.22 Área de estudio o set noticias .....	24
Figura 3.23 Área de estudio o set juega familia .....	25
Figura 3.24 Área de estudio o set entrevistas .....	25

Figura 3.25 Dirección de cámaras .....	27
Figura 3.26 Área de edición y postproducción .....	29
Figura 3.27 Área de control máster.....	30
Figura 3.28 Modulador OMB y regulador de voltaje .....	33
Figura 3.29 Antena parabólica de 1.2m .....	34
Figura 3.30 Línea de vista hacia el cerro Putzalahua.....	34
Figura 3.31 Línea de vista hacia el cerro Pilisurco .....	34
Figura 3.32 Ubicación con Google Earth vista general.....	40
Figura 3.33 Enlace en Radio Mobile visión general .....	48
Figura 3.34 Perfil del enlace RMPATH .....	48
Figura 3.35 Parámetros del enlace .....	49
Figura 3.36 Sistema del enlace.....	49
Figura 3.37 Lóbulo de radiación PD2000 <i>datasheet</i> .....	51
Figura 3.38 Lóbulo de radiación obtenido en EXCEL.....	51
Figura 3.39 Simulación de la antena en Radio Mobile .....	53
Figura 3.40 Parámetros transmisor sistema radiante.....	54
Figura 3.41 Configuración de los miembros para el sistema radiante .....	54
Figura 3.42 Configuración del transmisor sistema para radiación .....	55
Figura 3.43 Configuración para generar la radiación de la antena transmisora.....	55
Figura 3.44 Enlace ELITE TV - Pilisurco con Polarización Vertical .....	59
Figura 3.45 Enlace Pilisurco - ELITE TV Polarización Vertical .....	59
Figura 3.46 Enlace Pilisurco - ELITE TV Polarización Horizontal .....	60
Figura 3.47 Línea de vista hacia el Pilisurco .....	61
Figura 3.48 Línea de vista hacia ELITE TV .....	61
Figura 3.49 Cobertura Radio Mobile .....	64
Figura 3.50 Cobertura Google Earth.....	64

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1 Modulación QAM .....	12
Ecuación 3.2 Primera zona de Fresnel .....	44
Ecuación 3.3 Pérdidas en el espacio libre .....	45
Ecuación 3.4 Margen de desvanecimiento .....	45
Ecuación 3.5 Cálculo de la potencia de recepción .....	45
Ecuación 3.6 Intensidad de campo .....	46
Ecuación 3.7 Cálculo del PER .....	46

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como propósito realizar el estudio técnico para la transmisión en televisión digital de la operadora ELITE TV, ubicada en la ciudad de Latacunga. Para ello se realizó un levantamiento de información de la situación actual del canal y sus requerimientos mediante el uso del estándar ISDB-Tb, sus tipos de transmisión en alta definición (HD), definición estándar (SD) y baja definición (LD).

Entre los requerimientos que se analizaron fueron: tipo de modulación OFDM (Modulación Ortogonal Por División De Frecuencia), ancho de banda, números de segmentos, portadoras ortogonales, niveles de modulación, intensidad de campo mínima de recepción para el límite de la cobertura, potencia efectiva radiada (PER), transmisión de datos, tasa de error de modulación (MER), tasa de error de bit (BER) y frecuencias de las portadoras. Además, se analizaron los equipos de infraestructura externa e interna para identificar si estos equipos poseen características digitales que ayuden en la transición.

Siguiendo con el proyecto, se realizaron los cálculos pertinentes al radio enlace y transmisor, para luego realizar las simulaciones correspondientes y finalizando con el análisis entre la mejor simulación obtenida con valores calculados. Mediante los parámetros técnicos obtenidos se seleccionó la mejor opción en cuanto a equipos con su respectiva cotización.

El estudio técnico para la transmisión de televisión digital, de ELITE TV permitirá al propietario cumplir con el cronograma del apagón analógico, aumentar su cobertura y realizar transmisión en formatos de alta definición (HD), definición estándar (SD) y baja definición (LD).

## **ABSTRACT**

*The purpose of this project is to develop a technical study for the transmission in digital television of the TV station ELITE TV, located in the city of Latacunga. First, a technical site survey was made of the current situation of the station, and its requirements for the migration of analog to digital system (based on the ISDB-Tb standard).*

*Among the requirements that were analyzed were: type of OFDM modulation (Orthogonal Modulation by Frequency Division), bandwidth, number of segments, orthogonal carriers, modulation levels, minimum field strength of reception for the limit of coverage, power effective radiated (PER), data transmission, modulation error rate (MER), bit error rate (BER) and carrier frequencies. Moreover, the external and internal infrastructure teams were analyzed in order to identify if they have digital characteristics that help in the transition.*

*Additionally, calculations were made to determine the technical characteristics of the radio link and the transmitter; which were validated through simulations with the Radio Mobile software. Finally, through the technical parameters obtained, the best option was selected in terms of equipment, with its respective costs.*

*The technical study for the digital TV transmission of ELITE TV will allow the owner to comply with the analog blackout schedule, increase its coverage and perform transmission in high definition (HD), standard definition (SD) and low definition (LD) formats.*

# 1 INTRODUCCIÓN

La importancia de la TV abierta para la población en general se sigue manteniendo a pesar de nuevas tecnologías como Internet, teléfonos inteligentes, TV satelital y TV por cable que podrían generar un declive en la audiencia para este medio de comunicación. La televisión abierta no se ha quedado al margen de estas tecnologías, ya que al momento cuenta con la televisión digital, la cual permite interactividad con el usuario, imagen nítida, entre otros beneficios.

El 26 de marzo del 2010, Ecuador acogió el estándar ISDB-TB para televisión digital, por este motivo los canales de televisión analógica deben realizar una migración de sus equipos a TV digital. Las estaciones de TV análogas que empiecen con el cambio de tecnología, tendrán un rango de frecuencias auxiliares asignadas temporalmente para que realicen pruebas y transmisiones análogas/digitales. El apagón analógico que viene postergándose desde el 31 de diciembre del 2016, tiene una nueva fecha según lo anunciado por el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL), la cual, para las ciudades con poblaciones mayores a 500.000 habitantes deberá ser en junio del 2018. Para poblados con menos de 500,000 habitantes, no se ha emitido un pronunciamiento oficial de cuándo deberá ser el apagón analógico; sin embargo, de acuerdo al último comunicado debería ser para diciembre de 2018 [1] - [2].

ELITE TV es un canal que se encuentra ubicado en la ciudad de Latacunga, sus transmisiones análogas las realiza desde el cerro Putzalahua mediante el canal 45. Para cumplir con el cronograma y realizar la migración a TV digital de ELITE TV, se realizó el estudio de su infraestructura, cálculos, simulaciones, entre otros; además, se realizó una cotización de los equipos que serán utilizados.

## 1.1 Objetivos

### Objetivo General

Realizar un estudio técnico para la transmisión de televisión digital, de la operadora ELITE TV, aplicando el estándar ISDB-TB.

### Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento técnico de la situación actual de ELITE TV.

- Analizar el estándar ISDB-Tb y sus requerimientos.
- Analizar los requerimientos de enlace y cobertura para ELITE TV.
- Realizar el diseño del enlace radioeléctrico y patrón de radiación de la antena, mediante el software Radio Mobile.
- Determinar los equipos para la transmisión de TV digital y su presupuesto referencial.

## 1.2 Alcance

Los parámetros a cubrirse son los siguientes:

- Verificar el tipo de tecnología en los equipos que actualmente posee ELITE TV.  
Se realizó un levantamiento fotográfico para corroborar el tipo de tecnología que posee cada uno de los equipos que opera en ELITE TV.
- Calcular y simular el radio enlace y transmisor.  
Se utilizaron cálculos para radioenlace en base a fórmulas como las de zona de Fresnel, margen de desvanecimiento, pérdidas en el espacio libre y para el transmisor intensidad de campo y potencia efectiva radial (PER)
- Analizar los datos obtenidos, calculados y simulados.  
Se analizaron diferentes parámetros de la primera zona de Fresnel, sensibilidad del receptor, población a cubrir.
- Determinar los cantones y parroquias hacia donde llegará la señal de ELITE TV.  
Mediante una proyección poblacional del INEC 2010, se obtuvo el índice poblacional proyectado para el 2017, teniendo como resultado la cobertura total.
- Realizar un presupuesto estimado de los equipos a utilizar.  
La cotización fue basada en equipos OMB por requerimientos del canal.

Todos estos puntos serán cubiertos en el estudio, mediante los requerimientos solicitados por el canal ELITE TV, uno de los principales es trabajar con equipos de OMB compañía dedicada a la fabricación de equipos para telecomunicaciones y obtener los mejores resultados que hagan factible la migración a TV digital.

## 1.3 Fundamento Teórico

### ELITE TV

ELITE TV, realiza sus transmisiones desde el año 2008 y se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, ciudad de Latacunga, Calle 2 de Mayo #71-45 y General Maldonado. Tiene como representante legal al Ingeniero Guido Hernando Toro Viteri. Su

actividad es comercial privada, sus ingresos provienen de ofertar espacios publicitarios, cubrir actividades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), entre otros. Se encuentra operando en el canal 45 de televisión abierta, su área servida es Latacunga, la transmisión de señal la realiza desde el Cerro Putzalahua, cuenta con ancho de banda de 6 MHz, enlace radioeléctrico con frecuencia de 12760 MHz (entre el estudio y repetidor) y una Potencia Efectiva Radiada (PER) de 8609.94 W [1]. Actualmente sus transmisiones las realiza analógicamente, esto le resta competitividad frente a otras operadoras de TV que se encuentran transmitiendo en televisión digital; además, el cambio a TV digital es un proceso obligatorio, que todos los canales de TV analógica deben cumplirlo progresivamente. Con la implementación del estándar ISDB-Tb, en el Ecuador se dieron plazos para que las estaciones de TV analógica migren sus equipos a TV digital. Esta migración se la ha programado en tres fases:

- Fase 1 población mayor a 500000 habitantes.
- Fase 2 poblaciones entre 500000 y 200000 habitantes.
- Fase 3 poblaciones menores a 200000 habitantes [2].

ELITE TV se encuentra en la fase 3, según el último censo realizado en el 2010, Latacunga cuenta con una población de 170.489 habitantes; por lo tanto, debe realizar el apagón analógico hasta el 31 de diciembre del 2018 [3].

### **Estándar Japonés-Brasileño (ISDB-TB)**

La investigación del ISDB-Tb (Servicios Integrados De TV Digital) se originó en Japón, en el año 1990 donde se tuvo como prioridad la transmisión de televisión en HDTV (alta definición), sin dejar de lado al SDTV (definición estándar) por un solo canal para la TV digital, esto fue un gran avance porque se optimiza el espectro radioeléctrico, recurso que se estaba agotando en Japón [4]. Para el impulso de esta tecnología se consideró como requerimiento fundamental el uso eficiente de frecuencias, portabilidad y movilidad, debido a las propiedades de las ondas electromagnéticas. Después de varios estudios e investigaciones, en diciembre del 2003 se empieza a difundir esta nueva tecnología para Japón [5].

Posteriormente, la ARIB (Asociación de Industrias y Empresas de Radio), da el visto bueno para que Japón cuente con un estándar llamado ISDB.T [6]. Seguido a esto, el primer país en adoptar este estándar fue Brasil en el 2008. Mediante un desarrollo tecnológico aplicado en este país, se modificaron principalmente las técnicas de compresión de audio y video con el uso de MPEG-4; también se llevó a cabo la creación

de un middleware llamado Ginga para aplicaciones de TV digital [4]. Todas estas modificaciones dieron origen al estándar japonés – brasileño ISDB-Tb.

Ecuador adoptó oficialmente el 26 de marzo de 2010 el estándar (ISDB-Tb) en la implementación de comunicaciones para TV digital [4]. Seguido a esto, se creó la Norma Técnica de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre, la misma que mediante resolución 301 y registro oficial 579, entró en vigencia a partir del 03 de septiembre de 2015; bajo esta norma todos los canales de TV analógica deben realizar su migración a TV digital [7].

### Estructura general ISDB-Tb

Según la Norma Brasileira ABNT NBR 15601, para la transmisión se ocupa uno o varios accesos, los mismos que llevan información utilizando los métodos de compresión para su posterior multiplexación para generar un solo canal con video, audio y datos que mediante OFDM (Multiplexación Ortogonal Por División De Frecuencia) serán transmitidos en conjunto. Según la Norma Brasileira se tiene el diagrama general para la transmisión en un sistema de TV digital [8], el cual se encuentra detallado en la Figura 1.1.

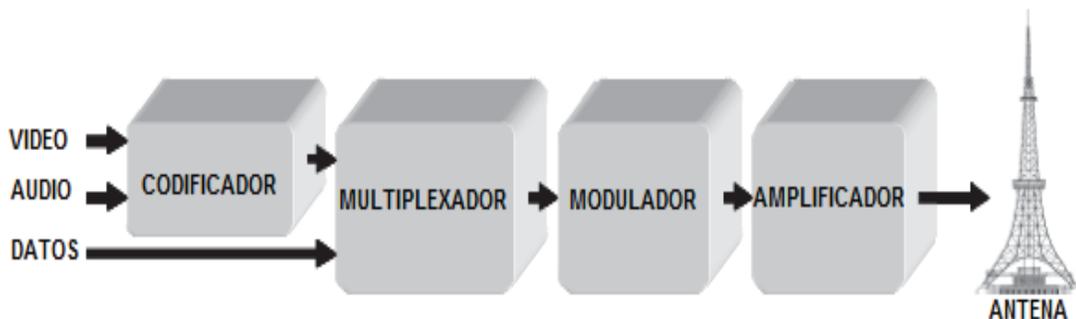


Figura 1.1 Diagrama general para la transmisión [8]

### Transmisión jerárquica OFDM

La multiplicación se efectúa mediante la técnica OFDM, la cual hace que el estándar ISDB-Tb sea más resistente a las pérdidas de señal generadas por la propagación. Otro beneficio es el uso eficaz del espectro radioeléctrico, esto se consigue mediante la respuesta en frecuencia de los subcanales que están sobrepuestos y son ortogonales. Además transmite flujos de datos mediante varias portadoras, que son moduladas independientemente y se denominan subportadoras [8].

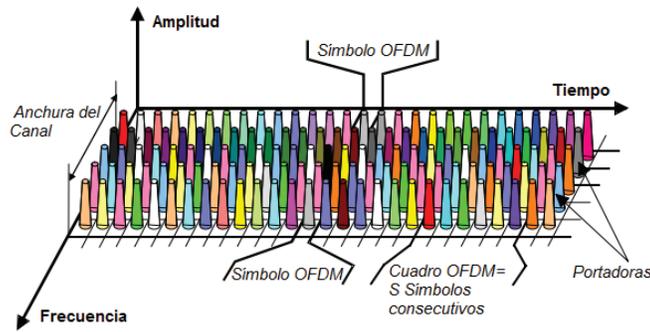


Figura 1.2 División del canal y distribución de portadoras [8]

En la Figura 1.2 se muestra el símbolo OFDM, que está compuesto por cinco portadoras que se transmiten en un tiempo determinado, la sucesión de estos símbolos conforma un cuadro OFDM. Para el estándar ISDB-T cada cuadro se compone de 204 símbolos, siendo el requerimiento del canal [8].

En la Figura 1.3 se describe la red de transporte, en la cual se realiza primero el proceso de codificación de las tres señales (video, sonido y datos), cada una con su respectiva codificación. Luego son multiplexadas mediante OFDM, la cual asigna el tipo de modulación QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK dependiendo el tipo de servicio. En la recepción móvil se trabaja en condiciones críticas, para lo cual se utiliza QPSK debido a su robustez frente a interferencias, y finalmente, se aplica la transformada inversa rápida de Fourier para que la señal sea enviada.

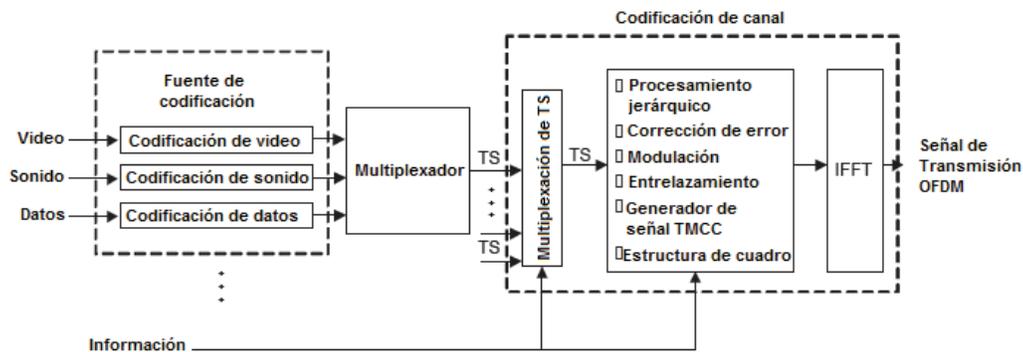


Figura 1.3 Diagrama de bloques de red de transporte [8]

### Recepción parcial

En este punto, se tiene la utilización del segmento intermedio de la Figura 1.4, al cual se le aplica un entrelazado de frecuencia, el mismo que no tiene la necesidad de estar conectado con otros fragmentos del espectro de frecuencia. Esta configuración ofrece portabilidad accediendo mediante un segmento (*one-seg*), el mismo que se encuentra ubicado en la mitad de los 13 segmentos que son transmitidos.

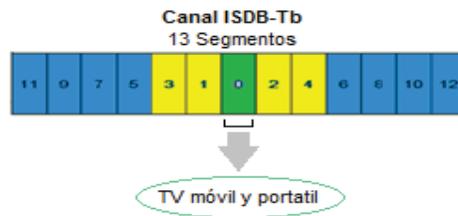


Figura 1.4 Segmento *One-Seg* estándar ISDB-Tb [4]

### Modos

Para realizar una correcta transmisión y recepción entre estaciones de SFN (Red de Frecuencia Única), se evitan los cambios de canal provocados por el efecto *Doppler*, que se producen cuando la distancia entre el transmisor y receptor se agranda o se acorta. Esto se evidencia en la recepción móvil, para lo cual OFDM utiliza una separación de portadoras según los requerimientos de cada modo. En Brasil puede variar; en el modo 1 el espacio de portadoras es de 4 kHz, para el modo 2 es de 2kHz y en el modo 3 es de 1kHz, asignados para cada uno de los modos, los mismos que tendrán igual calidad de servicio para no interrumpir la señal [8].

### **Modificaciones adoptadas en Brasil**

Las principales modificaciones realizadas en Brasil son la compresión de audio y video mediante el uso de MPEG-4 y la creación de un middleware *Ginga*, para el desarrollo de aplicaciones interactivas [4].

### MPEG-4

El grupo de expertos de imágenes en movimiento (MPEG) es el nombre que tomaron los estándares, para la compresión de audio y video. En la Figura 1.5 se observan las variaciones del estándar en el tiempo, cada una de estas ha sido mejorada dependiendo de su antecesora hasta llegar a la final en el 2002 MPEG-4, principalmente usada en la transmisión de TV digital en alta definición por su avanzada codificación de video [9].

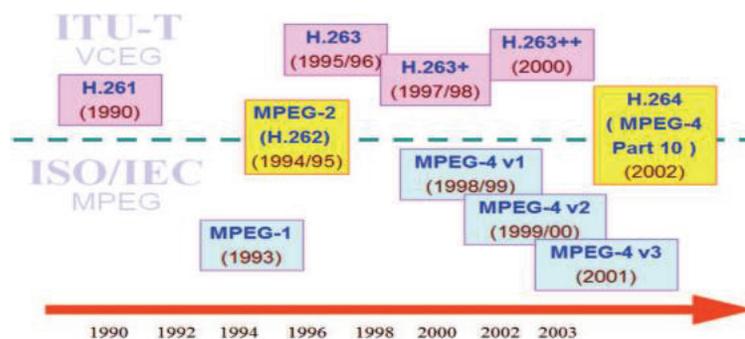


Figura 1.5 Evolución de las técnicas de compresión [4]

El estándar MPEG-4 o H.264 se utiliza principalmente para comprimir los datos de audio e imágenes, su información es codificada una sola vez y enviada; lo cual permite que los datos que recién ingresan tengan prioridad para evitar la redundancia de información. El estándar tiene la capacidad de corregir errores por lo que es considerada una transmisión robusta [9].

Entre las principales características se tiene:

- Eliminación de la redundancia de imágenes mediante el mejoramiento a  $\frac{1}{4}$  de pixel de exactitud, superando así a su antecesor MPEG-2 que solo lo hace a  $\frac{1}{2}$ .
- Capacidad de transformar pixeles del dominio del tiempo al de la frecuencia.
- Tasa binaria menor a MPEG-2, por lo tanto mejor calidad.
- Soporta *interleaving* y permite interactividad.
- Ancho de banda para frecuencias bajas y altas [4].

### Interleaving

Para la transmisión de TV digital se necesita del *time interleaving* (entrelazado de tiempo), que reduce los errores producidos en la recepción móvil. La técnica consiste en permitir que los pixeles se transmitan aleatoriamente, lo que disminuye la pérdida de los mismos en las diferentes áreas; por tanto, es más fácil la reconstrucción de la imagen. En la Figura 1.6 se muestra la transmisión de una imagen con y sin tiempo de entrelazado, evidenciando cómo una imagen es reconstruida con facilidad mediante el *interleaving*, mientras que sin utilizar esta técnica no se puede recuperar su imagen por completo [9].

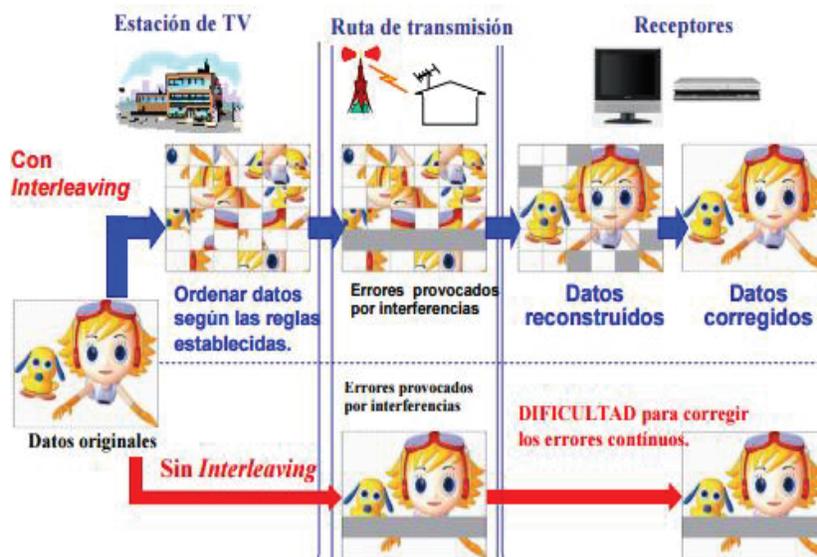


Figura 1.6 Uso del *time interleaving* [10]

## Ginga

El *Ginga* es un *middleware* (lógica de intercambio de información entre aplicaciones), que fue desarrollado en Brasil con el objetivo de permitir el acceso a contenido y aplicaciones mediante la TV digital. El objetivo principal de este *software* libre, es la inclusión social, beneficiando directamente a las personas de bajos recursos económicos para que puedan tener acceso a la información, educación virtual y contenido interactivo que es generado gracias a esta tecnología.

*Ginga* soporta dos tipos de aplicaciones, las de procedimiento que son escritas mediante el uso del lenguaje de programación java y las declarativas que son escritas mediante el uso del lenguaje NCL (*Nested Context Language*) lenguaje de contexto anidado que presta facilidades para interactividad, adaptabilidad, soporte a varios dispositivos, entre otros [11]. En la Figura 1.7 se muestra la composición de *ginga* en el primer módulo *Ginga-NCL*, segundo *Ginga-J* y tercero *Ginga-CC*.



Figura 1.7 Arquitectura de *ginga* [12]

## Canal de interactividad

En la TV digital, el receptor contiene un canal de retorno que permite a los usuarios tener una comunicación bidireccional. El usuario está en capacidad de elegir su tipo de programación de forma independiente de los demás usuarios, en diferentes receptores de TV digital. Existen dos tipos de interactividad:

- En la interactividad local el sistema realiza un *broadcast*, que es la transmisión de datos hacia todos los usuarios con información básica como noticias, clima e información de contenido variada.
- En la interactividad con canal se tiene una retroalimentación específica, que está destinada para realizar distintas funciones según sea el requerimiento.
  - En la primera función solo se envían datos, por ejemplo: el usuario de la TV digital responde a una encuesta, teniendo como resultado un envío de datos.

- En la segunda función se envía y recepta datos, esto se evidencia cuando el usuario realiza una compra en la cual envía y recibe datos para confirmar su compra haciendo uso del canal de retorno.
- En la tercera función se puede realizar una interacción entre receptores aplicada a un nivel social, para permitir la interactividad en una comunidad [11].

### Parámetros principales

Todas las especificaciones técnicas referentes a la codificación de canal, deben obligatoriamente estar de acuerdo con la ARIB STD-B31:2005, sección 3, con la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) Recomendación BT.1306, especificada en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Parámetros principales ARIB [8]

	<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
1	Número de segmentos	13
2	Ancho del segmento	$6000/14 = 428.57$ kHz
3	Banda UHF	5,575 Mhz ( Modo 1) 5,573 Mhz ( Modo 2) 5,572 Mhz ( Modo 3)
4	Número de Portadoras	1405 ( Modo 1) 2809 ( Modo 2) 5617 ( Modo 3)
5	Método de Modulación	DQPSK QPSK 16-QAM 64-QAM.
6	Duración de los símbolos activos	252 $\mu$ s (Modo 1) 504 $\mu$ s (Modo 2) 1008 $\mu$ s (Modo 3)
7	Separación de portadoras	$Bws/108 = 3,968$ kHz (Modo 1) $Bws/216 = 1,984$ kHz (Modo 2) $Bws/432 = 0,992$ kHz (Modo 3)

	<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
8	Duración del intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la duración del símbolo activo 63; 31,5; 15,75; 7,875 $\mu$ s (Modo 1) 126; 63; 31,5; 15,75 $\mu$ s (Modo 2) 252; 126; 63; 31,5 $\mu$ s (Modo 3)
9	Duración total de los símbolos	315; 283,5; 267,75; 259,875 $\mu$ s (Modo 1) 628; 565; 533,5; 517,75 $\mu$ s (Modo 2) 1260; 1134; 1071; 1039,5 $\mu$ s (Modo 3)
10	Duración del cuadro de transmisión	204 símbolos OFDM
11	Codificación de canal	Código convolucional, tasa = 1/2 con 64 estados Punzado para las tasas 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
12	Entrelazamiento interno	Entrelazamiento intra e inter-segmentos. (entrelazamiento en frecuencia) Entrelazamiento convolucional con profundidad de interleaving. 0; 380; 760; 1520 símbolos (Modo 1) 0; 190; 380; 760 símbolos (Modo 2) 0; 95; 190; 380 símbolos (Modo 3)

La transmisión de datos se la realiza obligatoriamente mediante un grupo de TS (*Transport Stream*), el cual debe estar constituido por varios TSP (*Transport Stream Packet*), determinados en formato MPEG-2 que fue adaptado para soportar formatos de audio y video. Los segmentos están obligados a realizar la codificación que requiere el canal para su transporte, luego son identificados para formar un segmento OFDM con ancho de banda de 6/14 MHz, posteriormente los 13 segmentos son cambiados del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, esto se logra gracias a la IFFT (Inversa de la Transformada Rápida de Fourier) la cual en esta tecnología puede tomar valores de 2048 bits, 4096 bits y 8192 bits, todo esto dependiendo del modo de transmisión respectivamente para el Modo 1,2 y 3 [4] - [8].

Mediante la codificación MPEG-2 el canal está obligado a realizar transmisión jerárquica, misma que permite a las distintas capas jerárquicas su transmisión, cada una de estas

capas puede tener variantes en sus parámetros y pueden ser transmitidas simultáneamente como se muestra en la Figura 1.8 [8].

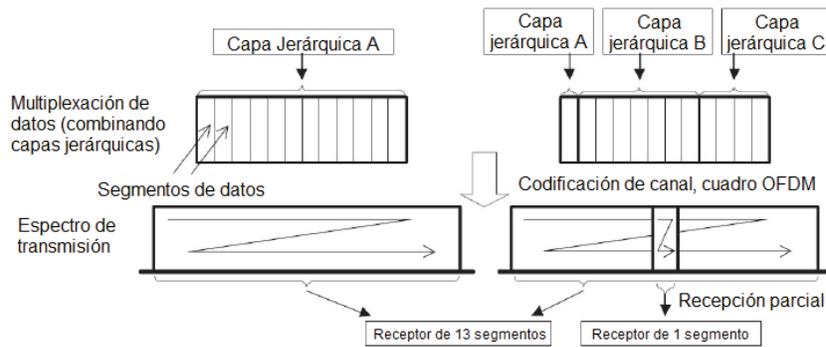


Figura 1.8 Transmisión jerárquica y recepción parcial [8]

Los parámetros que pueden variar en las capas jerárquicas son:

- Esquema de modulación de la portadora (QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK).
- Tasa del *inner code* (codificación interna de tipo convolucional).
- Longitud del time *interleaving*.

Los mismos que deben ser especificados para cada una de las capas que lo componen; en un canal con ancho de banda de 6MHz se pueden transmitir tres capas [8].

### Esquema de modulación

El tipo de modulación varía dependiendo los requerimientos del canal de transmisión, para lo cual se tienen las siguientes modulaciones:

#### QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)

QPSK modulación por desplazamiento cuadrafásica es una técnica realizada en base a la modulación angular, mediante esto se puede variar la fase de una onda con la ayuda de una señal digital; además, al tener codificación M-aria igual a  $2^n$  significa que puede tomar varios valores en n. Para QPSK se tiene un valor de  $M=4$ , en la cual tenemos cuatro fases a su salida. Las ventajas de utilizar esta modulación son transmisión robusta e interferencia baja, por esto se la utiliza en la transmisión de *One-Seg* para TV Digital móvil y portátil [13].

La señal de entrada debe ser obligatoriamente 2 bits por símbolo, y la salida de datos QPSK debe ser multibit en los ejes (I - Q); para realizar el mapeo de los 120 elementos con retardo, se los debe insertar obligatoriamente en la entrada del mapeo. Para realizar

el entrelazado de bit, en la Figura 1.9 se puede observar la distribución de nivel mediante diagrama de constelaciones [8].

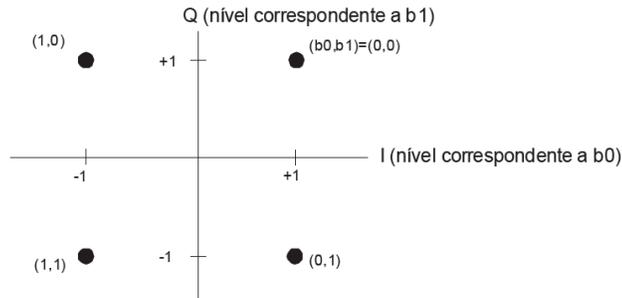


Figura 1.9 Constelación QPSK [8]

QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

En la modulación de amplitud en cuadratura (QAM), la información es transmitida mediante la fase y amplitud de su portadora. El valor de M es la cantidad de estados para su modulación, la ventaja es su alta capacidad de trasladar información y de esta forma lograr una alta transmisión de datos. En la Figura 1.10 se puede observar que si el número de bit por símbolo se incrementa en M, el valor de la tasa de símbolo disminuye [13].

Modulación	Bits por símbolo	Tasa de símbolo
16QAM	4	1/4 de tasa de bit
32QAM	5	1/5 de tasa de bit
64QAM	6	1/6 de tasa de bit

Figura 1.10 Tasa de bits para las formas de QAM [13].

Los valores de la Figura 1.10 se obtienen con la siguiente ecuación:

$$2^{n(\text{Bits por símbolo})} = \text{Tipo de modulación QAM}$$

Ecuación 1.1 Modulación QAM [13]

En la Ecuación 1.1 se van reemplazando los valores de bits para obtener las modulaciones de 16QAM, 32QAM y 64QAM que son las más usadas.

**Propiedades ópticas de las ondas electromagnéticas**

Las propiedades de las ondas electromagnéticas son importantes para el estudio del radio enlace debido a que su comportamiento afecta a las transmisiones, dependiendo del medio que se vaya a utilizar, la superficie donde se refracte, de ser el caso, y

condiciones atmosféricas de cada área o región de estudio, los cuales son parámetros que deben ser tomados en cuenta al momento de realizar un enlace para saber su factibilidad [14].

### Atenuación

La atenuación es analizada mediante la ley del cuadrado inverso que se produce cuando las ondas electromagnéticas se empiezan a propagar en el espacio libre sin interferencias de ningún tipo. Por esta razón, solo se considera en el análisis cada vez que las ondas se alejan de la fuente de radiación, esto ocasiona que se dispersen y como consecuencia se tiene una reducción de la densidad de potencia [14].

### Absorción

La absorción o propagación en el espacio no libre es producida por factores externos como la atmósfera en la cual los vapores de agua y oxígeno no condensados, poseen líneas de absorción, generando así pérdidas en sistemas terrestres de transmisión. Esta interferencia se la puede considerar despreciable cuando se trabaja con frecuencias menores a 10 GHz, debido a que este medio está compuesto por átomos y moléculas que son capaces de absorber las ondas electromagnéticas que se están propagando. En la absorción se considera la distancia total a la que se propaga la onda. En la Figura 1.11 se observa que para frecuencias mayores a 10GHz, la absorción genera picos y valles los cuales afectan en la transmisión de una señal [14].

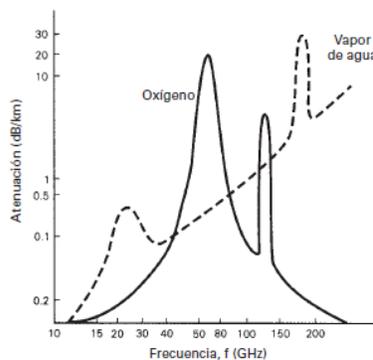


Figura 1.11 Absorción atmosférica [14]

### Refracción

La refracción consiste en el cambio de dirección de un rayo que es dependiente de la densidad del medio al cual se va a exponer, como consecuencia de esto tenemos que si un rayo pasa de un medio denso a uno más denso, se realizará un cambio en la

trayectoria del rayo hacia el vector normal, el cual está representado por una línea imaginaria al punto de incidencia, tomado para su respectivo estudio [14].

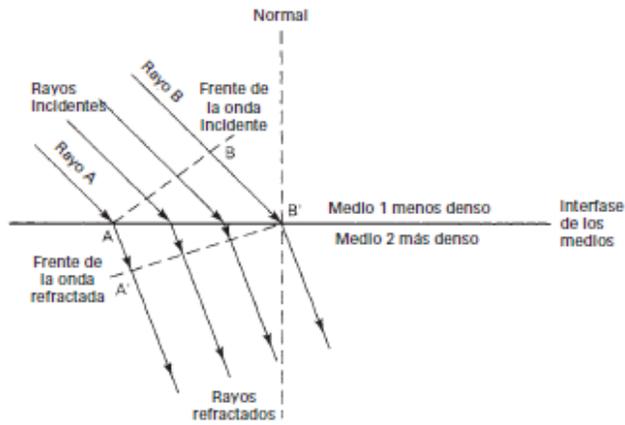


Figura 1.12 Refracción de rayos incidentes [14]

En la Figura 1.12 se muestra cómo los rayos cambian de dirección ocasionada por el cambio de densidades de los dos medios [14].

### Reflexión

La reflexión se produce cuando una onda electromagnética choca con una frontera entre dos medios y un porcentaje de ésta es reflejado, debido a que las dos ondas incidente y reflejada viajan a igual velocidad, sus ángulos son de igual valor como se muestran en la Figura 1.13 debido a su propiedad, para la reflexión especular el ángulo de incidencia debe ser igual al reflejado. [14].

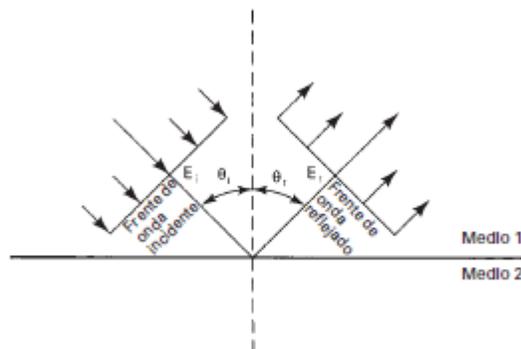


Figura 1.13 Reflexión electromagnética [14]

En la transmisión de señales se hace evidente cuando se transmite un rayo a la atmósfera y éste regresa a la tierra, con esto se consigue ganar distancia en kilómetros en la transmisión. De esta manera se supera la curvatura de la tierra, que es una de las limitantes para realizar una comunicación entre dos puntos sin línea de vista, esta sería

una de sus ventajas, pero una limitante es su dependencia del estado atmosférico, que varía durante el día y la noche, reduciendo su confiabilidad de comunicación [14].

Además, la reflexión no solo se produce sobre una superficie reflectora lisa, también se refleja en superficies irregulares en las cuales genera una reflexión difusa, haciendo que los rayos incidentes se reflejen en varias direcciones, como se muestra en la Figura 1.14 [14].

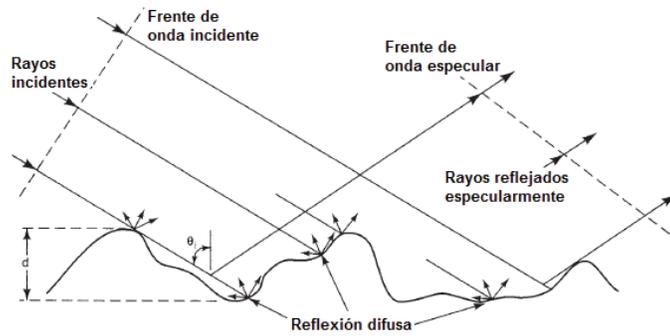


Figura 1.14 Reflexión en superficie irregular [14]

### Difracción

La difracción consiste en la redistribución de la energía, en el caso que una onda electromagnética quiera atravesar un obstáculo que tenga pequeñas aberturas, lo puede hacer mediante el principio de Huygens. Dicho principio dice que cualquier punto sobre un frente de onda esférico, se puede considerar como una fuente puntual secundaria, esto permite que las ondas electromagnéticas sean capaces de atravesar y propagarse en torno a esquinas y generando mayor cobertura como se muestra en la Figura 1.15 [14].

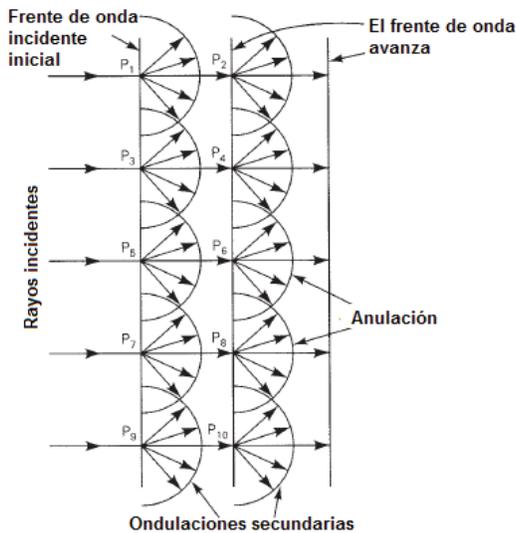


Figura 1.15 Principio de Huygens para un frente de onda plano [14]

## Interferencia

La interferencia se genera cuando dos o más ondas electromagnéticas se encuentran en el mismo espacio, deteriorando su funcionamiento o mejorando su señal, dando origen a interferencias constructivas e interferencias destructivas [14].

La interferencia constructiva, como su nombre lo indica, es una señal no disruptiva que amplifica la señal que se transmite, sin que se deteriore o genere errores; las destructivas son señales que reducen la señal original, la deterioran y provocan errores. En la Figura 1.16 se muestra cómo una señal puede ser afectada por este tipo de interferencia [14].

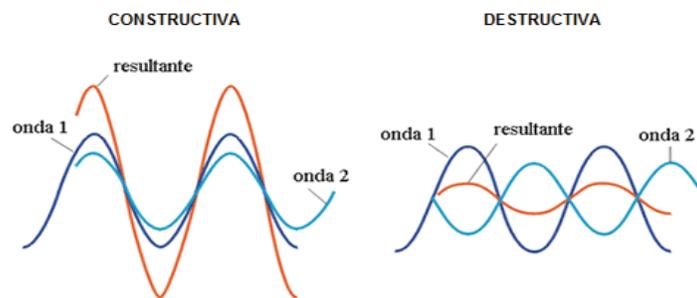


Figura 1.16 Interferencia constructiva y destructiva [15]

## Polarización electromagnética

La polarización electromagnética hace referencia a la orientación que tienen los campos eléctrico y magnético con respecto a la superficie terrestre, de esta manera se tiene polarización vertical y horizontal.

Polarización vertical es cuando el campo eléctrico es perpendicular a la superficie de la tierra, la propagación de la energía electromagnética es polarizada verticalmente. Mientras que, la polarización horizontal se genera si este mismo campo es paralelo a la superficie de la tierra, el campo magnético que siempre está presente se encuentra separado o forma un ángulo de  $90^\circ$  con el campo eléctrico, en la Figura 1.17 se lo puede apreciar [16].



Figura 1.17 Polarización onda transversal electromagnético [16]

## Rayos y frente de onda

Los rayos y frente de onda sirven para hacer una ilustración gráfica en la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio libre sin que exista ningún obstáculo. Los rayos consisten en líneas imaginarias que se trazan a lo largo de la trayectoria de propagación. El frente de onda consiste en formar un rectángulo con los rayos prolongados a través de la trayectoria, todo esto sirve para calcular un estimado de la densidad de potencia por metro cuadrado que se obtendría en dicha área de estudio. En la Figura 1.18 se muestra cómo los rayos se propagan desde una fuente y se crea el frente de onda (rectángulo) [14].

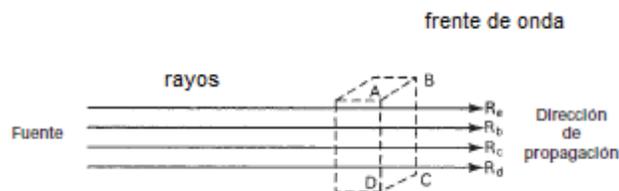


Figura 1.18 Rayos y frente de onda [14]

## **Propagación de ondas terrestres**

Las ondas terrestres se propagan a través de cualquier material dieléctrico, la mayoría de éstas utilizan el espacio libre como medio de transmisión; aunque no es ideal porque genera pérdidas en su trayectoria debido a su composición. Las ondas no se propagan bien en los conductores; un ejemplo de este es el agua de mar, en que las ondas se pierden con facilidad y desaparecen [14]. La propagación se puede definir como la reunión de fenómenos físicos, que transportan la señal desde un transmisor hacia el receptor. Existen tres tipos de propagación para las ondas en la atmósfera:

### Ondas terrestres

Son ondas que se transmiten por la superficie de la tierra y el campo eléctrico envía su voltaje utilizando a la superficie de la tierra como un conductor. Uno de los mejores conductores para este tipo de ondas es el agua salada y sus frecuencias de trabajo es menor a 30MHz [16].

### Ondas espaciales (LOS)

Este tipo de ondas son utilizadas para transmitirse directamente o reflejándolas en la superficie terrestre. Existe dos problemas principales: el primero es el factor climático el cual es variable e impredecible y provoca efectos negativos en la transmisión. El segundo es la curvatura de la tierra que es una limitante natural, misma que no permite

tener enlaces mayores a 10 Km; estas ondas operan con frecuencias mayores a los 30MHz [16].

### Ondas celestes

Este tipo de ondas utilizan la ionósfera como superficie reflectante debido a su ionización característica, se encuentra ubicada entre 50 y 400 Km de altura. Uno de los problemas es que depende de la naturaleza y su ionización puede variar repentinamente, además trabaja con frecuencias de hasta 30MHz [14].

Las ondas celestes están conformadas por las siguientes capas, desde la más inferior: la capa D es la de menor ionización debido a que depende del sol y desaparece durante la noche, está ubicada entre 50 y 100 Km. Para la capa E su ionización máxima se produce al mediodía, al igual que la capa D, esta también casi desaparece durante la noche y está ubicada entre 100 y 140 Km. La capa F se encuentra formada por dos capas F1 (140 a 250 Km) y F2 (140 a 300Km) esto durante el día, y en la noche las dos forman una sola capa [14].

### **Zona de fresnel**

Se conoce como zona de Fresnel al volumen en el espacio que se genera entre el emisor de una onda electromagnética y el receptor, de tal manera que el desfase de las ondas en el volumen no supere los  $180^\circ$ , como se observa en la Figura 1.19 [16].

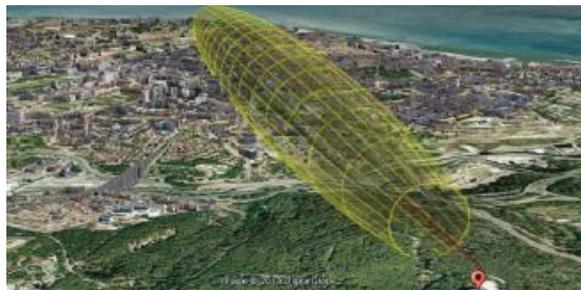


Figura 1.19 Zona de Fresnel [16]

El enlace debe tener una obstrucción máxima permisible, para que se considere que no hay obstrucción, es el 40% de la primera zona de Fresnel y la recomendada es del 20% de la misma. La primera zona de Fresnel es la distancia desde el centro de la trayectoria del enlace hacia el obstáculo que exista [16].

### **Simulador *Radio Mobile*.**

*Radio Mobile* es un *software* utilizado para realizar el cálculo de radio enlaces; lo realiza mediante la utilización de perfiles geográficos combinados con las características de los

equipos usados, como son: potencia, sensibilidad del receptor, antenas y medio de transmisión que son necesarios para realizar la respectiva simulación [17].

Este *software* es utilizado por la mayoría de profesionales para sus trabajos de radio enlaces, debido a que es de libre acceso y una de sus ventajas es que los cálculos son bastante precisos. Además, cuando en el programa indique que no existe línea de vista, es seguro que hay una obstrucción y se tendrá que modificar valores; como por ejemplo: alturas de las antenas, que sería la primera opción; o la segunda y más costosa, agregar un salto en la trayectoria que se considera como un enlace adicional en el sistema [18].

## Unidad

En el *Radio Mobile* la unidad se define como un punto georreferenciado en el mapa, que sirve para representar todos los sitios a ser estudiados, como son: transmisor, receptor o saltos (repetidores) en la trayectoria del radio enlace, para lo cual se debe cumplir con los siguientes pasos:

Se ingresa al ícono de propiedades de unidades y se genera un cuadro de datos, Figura 1.20.

- Nombre: se ingresa nombre del sitio o del transmisor dependiendo el estudio.
- Altitud: se genera automáticamente cuando se ingresan latitud y longitud del sitio, también puede ser configurado manualmente si se conoce la altitud del sitio.
- Latitud y longitud: se configura mediante la ayuda de un GPS, obteniendo la ubicación precisa del sitio, o mediante *Google Earth* que da la opción de obtener las coordenadas en un mapa previamente descargado por el *software Radio Mobile*.

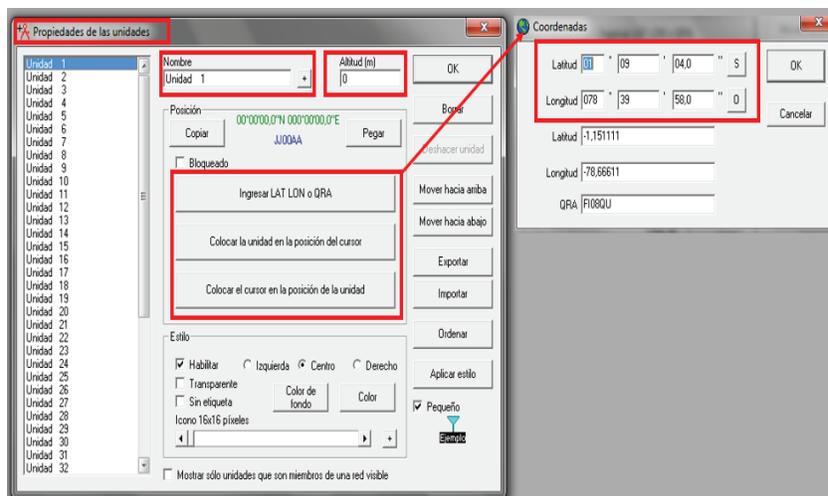


Figura 1.20 Propiedades de unidades [17]

## Redes

En este punto se realiza esencialmente la creación del enlace, desde donde se genera la señal que se conoce como control maestro y hacia dónde se dirige será el esclavo de este sistema; de esta manera se identifican transmisor y receptor.

Los principales parámetros a configurar son: nombre de la red, frecuencia mínima, frecuencia máxima, polarización, modo estadístico, clima, topología, miembros (control - subordinado), sistema (nombre del sistema, potencia de transmisor, umbral de receptor, pérdida de la línea, tipo de antena, ganancia de antena, altura de antena, pérdida del cable) y estilo, los parámetros y sistemas se muestran en la Figura 1.21.

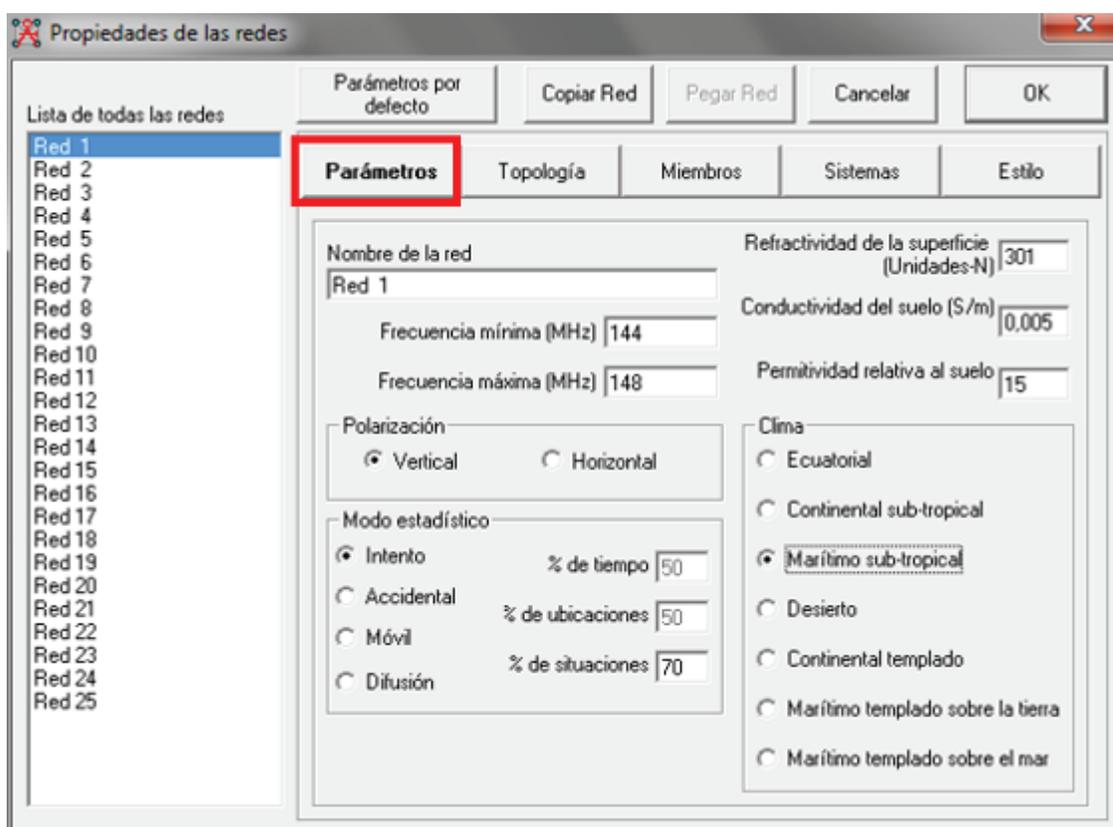


Figura 1.21 Propiedades de redes [17]

## 2 METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente proyecto, se realizó una investigación descriptiva siendo el segundo nivel dentro del campo investigativo [19]. Este proyecto servirá para que el canal de televisión analógica ELITE TV cuente con un estudio para la migración de sus equipos a televisión digital, permitiéndole así dar un mejor servicio y ser más competitivo, además de cumplir con el cronograma establecido para el apagón analógico.

Previo a realizar el levantamiento de información, se realizó una investigación técnica en cuanto al estándar de televisión actual en el Ecuador ISDB-Tb y sus parámetros principales, simulador Radio Mobile, su funcionamiento y características del sistema, y propiedades ópticas de las ondas electromagnéticas.

La metodología que se utilizó en el presente proyecto de titulación, se detalla a continuación:

Se recogió información sobre la infraestructura interna de ELITE TV, para lo cual se realizaron visitas técnicas al canal ubicado en la ciudad de Latacunga, Calle 2 de Mayo #71-45 y General Maldonado. Se enfatizó en las siguientes áreas: estudio (Set de Grabación), dirección de cámaras, audio y sonido, edición y postproducción, control master. En estas áreas se identificó si cuentan o no con equipos que soporten propiedades para trabajar digitalmente.

Se analizó la infraestructura externa de ELITE TV, para lo cual se realizaron visitas técnicas al Cerro Putzalahua, donde también se verificó el estado actual del sistema para la transmisión de la señal de TV analógica. Se efectuó visitas técnicas al Cerro Pilisurco donde será reubicado el transmisor analógico con sus adaptaciones para transmitir en señal digital; además se revisó si se cuenta con espacio físico dentro de la caseta (Rack de equipos) y en la torreta para las antenas del sistema radiante y radio enlace.

Se realizó un análisis al estándar ISDB-TB, sus tipos de transmisión en alta definición (HD), definición estándar (SD) y baja definición (LD). Sus requerimientos: tipo de modulación OFDM (Modulación Ortogonal Por División De Frecuencia), ancho de banda, números de segmentos, portadoras ortogonales y niveles de modulación, intensidad de campo mínima de recepción para el límite de la cobertura, potencia efectiva radiada (PER), transmisión de datos, tasa de error de modulación (MER), tasa de error binario (BER), frecuencias de las portadoras.

Todos estos requerimientos sirvieron para posteriormente realizar un diseño óptimo de las necesidades de la operadora ELITE TV.

Se calculó teóricamente el estudio del radio enlace requerido con los parámetros de equipos que se van a adoptar en este sistema. Se realizó el cálculo de la primera zona de Fresnel, pérdidas en el espacio libre, margen de desvanecimiento y potencia de recepción, tomando en cuenta lo siguiente: potencia del transmisor, pérdidas en filtros, pérdidas de guía de onda, ganancia de la antena, pérdidas por trayectoria en el espacio libre; y, en el receptor ganancia de la antena, pérdidas de guía de onda y pérdidas en filtros.

Para calcular el patrón de radiación se revisaron los siguientes modelos:

- Empírico: Hata, Okamura y leyes de potencia.
- Semi-empíricos: Walfisch, Ikegami y Longley Rice.
- Deterministas: Difracción por objetos delgados y Dos Rayos.
- De propagación UIT: UIT-R P.1812 y UIT-R P.1546.

Se escogió el método que tuvo mayor facilidad al momento de realizar el patrón de radiación de la antena y se obtuvo una visión general de la cobertura.

Se realizó el diseño mediante software Radio Mobile. Para lo cual se creó el radioenlace desde las oficinas de ELITE TV en Latacunga y su transmisor localizado en el cerro Pilisurco. Se observó en el simulador si existe o no línea de vista, después se configuraron los parámetros para su funcionamiento, con lo cual se observó que los resultados con respecto a la zona de Fresnel estaban sin obstáculos para la factibilidad del enlace. Además, se descargó el programa Google Earth como ayuda adicional para verificar las coordenadas y alturas de los sitios en estudio.

Para el sistema radiante se debía tener el diagrama de radiación de la antena requerida; posteriormente, cargar el diagrama en el simulador Radio Mobile y configurar con la potencia mínima que se debe tener en el borde de la cobertura. Para su dispersión en el mapa se escogió la opción de arcoíris, así cada color mostrará un nivel diferente de potencia. Finalmente se observó que cumpla con los requerimientos de potencia en el área servida (Latacunga).

Se realizó un análisis entre los datos calculados y simulados que sirvieron para seleccionar los equipos en la infraestructura interna y externa. ELITE TV realizó la compra del sistema de transmisión analógica a la compañía española OMB Sistemas Electrónicos S. A., dedicada a la fabricación de sistemas radiantes, transmisores de radio y TV. Por este motivo, se analizó la oferta actual de esta compañía en el mercado para la adquisición de los equipos que necesitó ELITE TV para la transmisión de TV digital. Además, se realizó un presupuesto referencial en base a los equipos y materiales requeridos para la correcta migración a TV digital.

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El presente estudio técnico se ha realizado en varias etapas: situación actual, análisis, cálculos y simulaciones, las cuales se detallan a continuación.

### 3.1 Solicitud y recopilación de información en la operadora ELITE TV.

Para obtener la información necesaria en el presente estudio, se realizó un levantamiento fotográfico sobre la infraestructura interna de ELITE TV; se realizaron visitas técnicas al canal ubicado en la ciudad de Latacunga, Calle 2 de Mayo #71-45 y General Maldonado. Enfatizando el levantamiento en las siguientes áreas: estudio (set de grabación), dirección de cámaras, audio y sonido, edición y postproducción, y control master. En estas áreas se identificó si los equipos cuentan o no con propiedades para trabajar digitalmente como se muestra a continuación:

Tabla 3.2 ELITE TV información general [1]

<b>Parámetros</b>	<b>Autorizado</b>
Nombre del concesionario	Ing. Guido Hernando Toro Viteri
Nombre de la estación	ELITE TV
Tipo de servicio	Televisión Abierta
Clase	Comercial Privada
Dirección de estudio	Calle 2 de Mayo #71-45 y General Maldonado
Fecha de contrato de la concesión	23 y 24 de Julio 2008

Tabla 3.3 ELITE TV Información técnica [1]

<b>Cobertura y Ubicación Geográfica</b>	
Provincia	Cotopaxi
Área Servida	Latacunga
Ubicación Transmisor	Cerro Putzalahua
Coordenadas Geográficas	78°33'37" W
	00°57'49" S
	3360m
Tipo de estación	Matriz
Frecuencia Principal	45 UHF
<b>Sistema Radiante</b>	
Altura de la antena	20 m
Tipo de antena	Arreglo de antenas UHF
Polarización	Horizontal
Azimut.	220°/310°

Sistema de Transmisión	
Potencia PER	1.6 w
Azimut	123.6°

### Infraestructura interna

ELITE TV tiene a su disposición las siguientes áreas para realizar la producción y posproducción del contenido:

#### Estudio o Set

Es un lugar que está constituido con varios ambientes, que son modificados mediante cambio de escenografía y un sistema de iluminación artificial para cada programación que necesite el canal de televisión. El audio, luz e imagen en el set, son parámetros muy importantes para tener una excelente calidad en la transmisión y esto sea transparente para el usuario final.

En la Figura 3.22 se muestra el set donde se realiza la programación de noticias diarias de lunes a viernes, las cuales se transmiten en horario de 6 a 7 AM y de 7 a 8 PM en vivo. Además, se realiza una transmisión al medio día pregrabada de la señal transmitida a las 6 AM de ELITE TV, donde se dan a conocer las principales noticias del acontecer nacional y cantonal.



Figura 3.22 Área de estudio o set noticias

En la Figura 3.23 muestra set donde se realiza el programa Juega familia que se transmite de lunes a sábado en horario de 9 a 10 PM, se desarrollan juegos en los

cuales el televidente puede ganar varios premios, este programa es retransmitido en vivo por un canal aliado COLOR TV canal 36 .



Figura 3.23 Área de estudio o set juego familia

En la Figura 3.24 muestra set donde se realiza el programa Última palabra en que se desarrollan entrevistas, se transmite de lunes a viernes en horario de 8 a 9 PM en el cual se abordan temas de interés que estén afectando a la ciudadanía del cantón Latacunga.



Figura 3.24 Área de estudio o set entrevistas

Los equipos del estudio o set con los que cuenta ELITE TV se detallan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Equipos del estudio o set [20]

Área	Equipo	Uso	Figura
Estudio o Set	4 Cámaras de video profesional: HANDYCAM DCR-VX2100 NTSC	Producción y postproducción	
	2 Cámaras de video profesional: JVC	Producción y postproducción	
	1 Teleprompter:	Refleja el texto de las noticias para que se dé lectura a la misma y es visualizado en la parte frontal de una cámara.	

### Dirección de cámaras

En la dirección de cámaras la información recopilada por éstas es transmitida hacia una consola (Digital Video Switcher), la información es visualizada previamente en los monitores para seleccionar y combinar las señales de video, estas actividades las realiza el técnico encargado del área. Primero, asigna el orden de las señales para que sean transmitidas en vivo o su grabación para posteriormente ponerlas al aire.

En esta área se realiza el encuadre de la imagen a partir de la cual se obtiene el plano general, plano medio, plano entero, primer plano, transiciones, entre otros, que en conjunto forman parte de la producción, ya que desde aquí se realizan las mejores tomas. El técnico tiene que verificar nivel de iluminación óptimo, movimiento preciso de

cámaras y todo esto complementarlo con videos de publicidad y fotografías al momento de realizar la transmisión del contenido.



Figura 3.25 Dirección de cámaras

Los equipos de dirección de cámaras con los que cuenta ELITE TV se detallan en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Equipos de dirección de cámaras

Área	Equipo	Uso	Figura
Dirección de Cámaras	1 Mezclador de video: Datavideo Digital Video Switcher SE-500	Mezclador de video utilizado en la producción y postproducción de contenido.	
	2 Monitores: TLM-702 (2 x 7" )	Se utiliza para visualizar la información captada por las cámaras	
	1 Monitor: TV RIVIERA 14P	Se utiliza para visualización de la transmisión en vivo.	

Área	Equipo	Uso	Figura
	Reproductor DVD: LG y Samsung	Reproducción de formatos DVD, MP3 y VCD	

Audio y sonido

En esta área se realiza el control de audio, el mismo que es modificado para realizar mejoras como amplificación, inserción de música y mezclar sonidos; todo esto para que sea posible obtener la producción deseada. También se realiza la logística en cuanto a micrófonos de mano o de base con pedestal, que son usados para la presentación de artistas invitados y micrófonos de solapa o pectoral que son colocados entre la vestimenta de los conductores de programas que emita la estación.

Los equipos de audio y sonido con los que cuenta ELITE TV se detallan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Equipos de audio y sonido

Área	Equipo	Uso	Figura
Audio y sonido	1 Mezclador De audio: SAMSON MDF	Mezclador de audio utilizado en la producción y postproducción de contenido.	
	Micrófono de solapa o pectoral: SAMSON CB88	Se utiliza para recepción de audio transmitido inalámbricamente para programas al aire y pregrabados.	

Área	Equipo	Uso	Figura
	<p>Micrófonos de mano: SHURE D04T2</p>	<p>Se utiliza para producción y postproducción de audio, tanto en programas al aire como pregrabados.</p>	

### Edición y postproducción

En esta área se realiza la edición y postproducción de los programas, es la última etapa antes que el video pase a ser transmitido. Este proceso empieza desde la grabación del programa y una vez que se obtiene el material se empieza a editarlo, utilizando inserciones de diversos contenidos de audio, efectos, iluminación y demás correcciones que puedan mejorar la producción de este material. El objetivo de editarlo es conseguir un nivel óptimo en la dosificación de la imagen y mejorar las grabaciones pregrabadas para luego transmitir las.



Figura 3.26 Área de edición y postproducción

Los equipos de edición y postproducción con los que cuenta ELITE TV se detallan en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Equipos de edición y postproducción

Área	Equipo	Uso	Figura
Edición y postproducción	MAC: OS X Update	Sirve para realizar la edición y postproducción de imágenes	
	Mezclador de video: Datavideo Digital Video Switcher SE-500	Mezclador de video utilizado en la postproducción de contenido.	
	2 Monitores: TLM-702 (2 x 7" )	Se utiliza para visualizar la información de postproducción	

### Control master

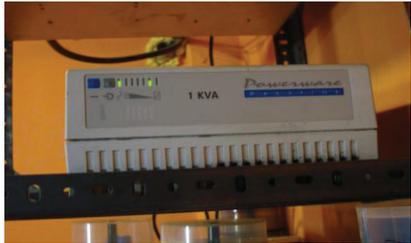
En el control master, el técnico tiene la responsabilidad de generar la programación y contenidos, de acuerdo a un cronograma previamente realizado. En esta área se puede visualizar la transmisión en vivo, la lista de contenido y spots publicitarios. En caso de existir alguna falla en la transmisión, el técnico deberá realizar la emisión de un mensaje hasta que se corrija este error de forma inmediata. Desde este punto, la señal que pasa por el *switch* está lista para ser transmitida.



Figura 3.27 Área de control máster

Los equipos de control master con los que cuenta ELITE TV se detallan en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Equipos de control master

Área	Equipo	Uso	Figura
Control master	Monitor: TV BENQ 14P	Se utiliza para programación del contenido.	
	Radio: Enlace de microondas TV análoga OMB	Distribución de audio y video amplificado para ser transmitido.	
	Regulador de voltaje: Powerware 1KVA	Se utiliza para mantener un voltaje constante y como protección	

### Infraestructura externa

Luego se analizó la infraestructura externa de ELITE TV, para lo cual se realizaron visitas técnicas al Cerro Putzalahua, donde también se verificó el estado actual del sistema para la transmisión de la señal de TV analógica. Se efectuaron visitas técnicas al Cerro Pilisurco donde será reubicado el transmisor analógico con sus adaptaciones para transmitir la señal digital. Además, se revisó si se cuenta con espacio físico dentro de la caseta (Rack de equipos) y en la torreta para las antenas del sistema radiante y radio enlace.

La información procesada mediante la infraestructura interna es transmitida a través de un enlace de microonda desde las oficinas hacia el cerro Putzalahua, para luego ser radiada con dirección a la ciudad de Latacunga mediante un arreglo de antenas.

Para ello, la SUPERTEL, actualmente ARCOTEL, conforme Resolución Nro 3898-CONARTEL-07, del veintinueve de mayo del dos mil siete resuelve autorizar a favor del señor ingeniero Guido Hernando Toro Viteri, la concesión del canal cuarenta y cinco UHF, de televisión abierta, para que opere una estación matriz que se denominará “ELITE TV”, para servir a la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, así como la respectiva frecuencia de enlace estudio-transmisor, de acuerdo con las siguientes características técnicas enunciadas en la Tabla 3.9 [20].

Tabla 3.9 Parámetros del enlace y sistema radiante [20]

<b>Cobertura y Ubicación Geográfica</b>	
Nombre de la estación	ELITE TV
Área Servida	Latacunga
Ubicación Transmisor	Cerro Putzalahua
Coordenadas Geográficas	78°33'37" W
	00°57'49" S
	3360m
Tipo de estación	Matriz
Banda de Frecuencia	45 UHF
<b>Sistema Radiante</b>	
Altura de la antena	20 m
Tipo de antena	Arreglo de 4 paneles UHF
Polarización	Horizontal
Azimut	Azimut máximo de radiación 220°/310° Apertura del lóbulo principal a-3 dB 150°
<b>Sistema de Transmisión</b>	
Trayecto	Estudio Latacunga-Cerro Putzalagua
Tipo de enlace	Enlace Radioeléctrico
Banda	12700 – 12849 MHz
Frecuencia	12760.0 MHz
Tipo de antenas	Parabólica de 1.2m
Azimut	123.6°
Potencia PER	1.6 w

La transmisión de la información se la realiza mediante el MOD 70 mostrado en la Figura 3.28, que es el modulador de este sistema, mismo que realiza las tareas de modular y demodular la señal de TV analógica.



Figura 3.28 Modulador OMB y regulador de voltaje

El MOD 70 de la Figura 3.28 tiene las siguientes características:

Puede transmitir una señal de video y dos de audio; además cuenta con una frecuencia intermedia estándar de 70 MHz y con dos sub portadoras de audio, cada una con frecuencia de trabajo 7.02 y 7.5 MHz respectivamente, la señal de 70 MHz viene con voltaje eléctrico para alimentar al módulo convertidor (baja frecuencia – alta frecuencia) y ésta se transmite a la frecuencia adjudicada por el canal [21].



Figura 3.29 Antena parabólica de 1.2m

En la Figura 3.29 se puede observar la ubicación de la antena del radio enlace y su convertidor en alta frecuencia, los cuales se encuentran anclados a un mástil de 1,5m de altura localizado en la terraza de los estudios de ELITE TV.



Figura 3.30 Línea de vista hacia el cerro Putzalahua

En la Figura 3.30 se tiene una vista totalmente despejada del cerro Putzalahua, lugar desde el cual actualmente se transmite la señal analógica de ELITE TV para la ciudad de Latacunga.



Figura 3.31 Línea de vista hacia el cerro Pilisurco

En la Figura 3.31 se observa una vista general hacia el cerro Pilisurco, lugar en donde serán reubicados sus equipos, aprovechando el proceso de digitalización para obtener una mayor cobertura.

## **Análisis de equipos infraestructura interna ELITE TV**

Antes de realizar cálculos y simulación, se analizará qué equipos serán de utilidad cuando se realice la migración a TV digital, lo que se evidencia en la Tabla 3.10, Tabla 3.11, Tabla 3.12, Tabla 3.13 y Tabla 3.14 con las características analógicas y digitales.

Los equipos utilizados en el estudio, que se observan en la Tabla 3.10, cuentan con dos cámaras y un teleprompter, con características analógicas y digitales que servirán al momento de la migración a TV digital. Por otro lado, se cuenta con cuatro cámaras que no poseen características digitales; se planteó una solución momentánea posible de incorporar un conversor de señal análoga – digital, hasta que se pueda adquirir nuevas cámaras. Una vez que se realice la migración, se hará la compra de una videocámara trimestralmente debido al presupuesto del canal que no permite un cambio total.

Las cámaras analógicas adaptadas solo se podrán utilizar en programas que son pregrabados, debido a que su información debe ser pasada a un ordenador, para su posterior edición y mejora de la calidad. Además, al utilizar un convertidor, éste puede generar retardos en la transmisión de audio y video, causando limitaciones al momento de realizar transmisiones en vivo.

Para programas en vivo se deberán utilizar las dos cámaras digitales existentes, y adquirir una más para tener tomas en plano general, plano medio, plano entero, primer plano, transiciones, entre otros. De esta manera se podrá conseguir una buena calidad al momento de mezclar las señales de video y obtener los mejores planos para su transmisión al aire.

Tabla 3.10 Análisis de equipos utilizados en el estudio o set

<b>Equipo</b>	<b>Uso en TDT</b>	<b>Razón</b>	<b>Figura</b>
4 Cámaras de video profesional: HANDYCAM DCR-VX2100 NTSC	No	Trabaja con señales analógicas	
2 Cámaras de video profesional: JVC	Sí	Trabaja con señales analógicas y digitales	

Equipo	Uso en TDT	Razón	Figura
1 Teleprompter:	Sí	Trabaja con señales analógicas y digitales	

Para la dirección de cámaras se cuenta con un mezclador de video con características analógicas. Se podría usar este equipo conectando a sus entradas un convertidor de señal analógica – digital o digital – analógica, pero esto ocasiona retrasos en la transmisión y deterioraría la señal que se transmite en tiempo real. Por este motivo se tiene la necesidad de cambiar este equipo por uno digital como el HD/SD 4-Channel Digital Video Switcher, el cual provee similares características que el mezclador analógico y prestaría la funcionalidad necesaria para el canal de TV.

Tabla 3.11 Análisis de equipos utilizados en la dirección de cámaras

Equipo	Uso en TDT	Razón	Figura
1 Mezclador de video: Datavideo Digital Video Switcher SE-500	No	Trabaja con señales analógicas	
2 Monitores: TLM-702 (2 x 7" )	No	Trabaja con señales analógicas	
1 Monitor: TV RIVIERA 14P	Sí	Trabaja con señales analógicas y digitales	

Equipo	Uso en TDT	Razón	Figura
Reproductor DVD: LG y Samsung	No	Trabaja con señales analógicas	

En el área de audio y sonido todos los equipos usados cuentan con características digitales, lo que permitirá tener un ahorro y facilitará el proceso de migración a TV digital; además, esta infraestructura será suficiente para cubrir los requerimientos del canal.

Tabla 3.12 Análisis de equipos utilizados en audio y sonido

Equipo	Uso en TDT	Razón	Figura
Consola de audio: SAMSON MDR10	Sí	Para transmitir digitalmente es necesario utilizar una interfaz análoga digital ASD-771p	
Micrófono de solapa o pectoral: SAMSON CB88	Sí	Estas señales son emitidas a la consola donde se realiza su digitalización	
Micrófonos de mano: SHURE D04T2	Sí	Estas señales son emitidas a la consola donde se realiza su digitalización	

En el mezclador de video existente *Switcher SE-500*, ubicado en el área de edición y postproducción, se deberá utilizar un conversor análogo - digital o digital – análogo; esto

permitirá realizar los trabajos en formato digital y evitará la compra de un nuevo mezclador. Debido a que los tiempos de respuesta no son críticos, los retardos generados por la conversión no generan mayor inconveniente.

Tabla 3.13 Análisis de equipos utilizados en edición y postproducción

Equipo	Uso en TDT	Razón	Figura
MAC: OS X Update	Sí	Trabaja con señales analógicas y digitales	
Mezclador de video: Datavideo Digital Video Switcher SE-500	No	Trabaja con señales analógicas	
2 Monitores: TLM-702 (2 x 7" )	No	Trabaja con señales analógicas	

En el control master, el monitor tiene características digitales, y el regulador de voltaje que trabaja a 1KVA será reutilizado para alimentar el nuevo enlace. El regulador se adaptará al nuevo enlace de microondas TV análoga/digital de OMB por tener iguales requerimientos para su alimentación. El enlace analógico actualmente utilizado no puede ser reutilizado porque su módulo principal trabaja analógicamente.

Tabla 3.14 Análisis de equipos utilizados en control master

Equipo	Uso en TDT	Razón	Figura
Monitor: TV BENQ 14P	Sí	Trabaja con señales analógicas y digitales	

Equipo	Uso en TDT	Razón	Figura
Radio: Enlace de microondas TV análoga OMB	No	Trabaja con señales analógicas	
Regulador de voltaje: Powerware 1KVA	Sí	Cumple con los requerimientos de alimentación del nuevo enlace	

Se realizó un análisis al estándar ISDB-TB, sus tipos de transmisiones en alta definición (HD), definición estándar (SD) y baja definición (LD). Sus requerimientos: tipo de modulación OFDM (Modulación Ortogonal Por División De Frecuencia), ancho de banda, números de segmentos, portadoras ortogonales y niveles de modulación, intensidad de campo mínima de recepción para el límite de la cobertura, potencia efectiva radiada (PER), transmisión de datos, tasa de error de modulación (MER), tasa de error de bit (BER) y frecuencias de las portadoras. Todos estos requerimientos sirvieron para el diseño óptimo de las necesidades de la operadora ELITE TV.

### 3.2 Análisis para radio enlace

Para que el enlace sea factible, el primer aspecto a considerar es la línea de vista que fue comprobada en campo como se muestra en la Figura 3.31. Mediante software se ubicaron las coordenadas de los dos puntos en estudio, con ello se puede observar mediante un perfil que no existen obstáculos en la trayectoria, tal como se indica en la Figura 3.34. Se utilizará las frecuencias auxiliares asignadas para los enlaces, en este caso se tomará el siguiente rango libre de 6756,6 MHz a 7096,5 MHz con un ancho de banda de 7 MHz. Después de realizar las pruebas, se solicitará la concesión de esta frecuencia y en caso de ser negada se asignará otra frecuencia auxiliar que esté disponible.

Se calculó teóricamente el radio enlace requerido con los parámetros de equipos que se adoptaron en este sistema. Además, se realizó el cálculo de la primera zona de Fresnel, pérdidas en el espacio libre, margen de desvanecimiento y potencia de recepción tomando en cuenta lo siguiente: potencia del transmisor, pérdidas en filtros, pérdidas de

guía de onda, ganancia de la antena, pérdidas por trayectoria en el espacio libre y en el receptor ganancia de la antena, pérdidas de guía de onda y pérdidas en filtros con la ayuda de la siguiente información.

Antes de realizar los cálculos respectivos del radio enlace se procederá a verificar las condiciones del mismo como su ubicación, bandas de frecuencia, zona geográfica y las autorizaciones temporales para TDT.

### Ubicación de los puntos a enlazar

Para realizar la simulación del sistema de radio enlace, se trabajará con las coordenadas del estudio de ELITE TV y su transmisor que será ubicado en el cerro Pilisurco, detallado en la Tabla 3.15. Primero, se determina la distancia que tendrá que cubrir el enlace.

Tabla 3.15 Datos para el enlace de microonda

Lugar	Coordenadas			Elevación adicional	
	Latitud	Longitud	Elevación	Edificio	Torre
Matriz ELITE TV	00°56'3.78" S	78°37'1.02" W	2770m	13.25m	N/A
Transmisor Pilisurco	01°09'17.42" S	78°39'57.97" W	4114m	N/A	24m



Figura 3.32 Ubicación con Google Earth vista general

En la Figura 3.32 se observan los puntos de estudio con su ubicación general mediante Google Earth. Se tiene como objetivo la digitalización de ELITE TV y el cambio de posición de su transmisor, desde el cerro Putzalahua hacia el cerro Pilisurco. Con esta nueva configuración se evidencia la importancia que tiene el cambio de ubicación de su transmisor para obtener una mayor cobertura a futuro, previa adjudicación de nuevas frecuencias para su transmisión. Esto se debe a que desde el Putzalahua su cobertura

está limitada para la ciudad de Latacunga, mientras que desde el Pilisurco se observa en la Figura 3.32 que se puede cubrir las ciudades de Latacunga, Ambato, Salcedo y Pujilí.

### **Banda de frecuencias temporales de TDT**

Mediante Resolución N2 RTV-038-02-CONATEL-2012 de 25 de enero de 2012, el CONATEL, actualmente ARCOTEL, asignó las bandas y canales temporales para la implementación de la TV digital en el Ecuador para su periodo de pruebas [22].

Tabla 3.16 Bandas y canales de frecuencias temporales para TDT [22]

<b>BANDA (MHz)</b>	<b>CANALES</b>	<b>BANDA (MHz)</b>	<b>CANALES</b>
174 – 216	7 – 13	614 – 686	38 – 49
470 – 482	14 – 15	686 – 698	50 – 51
512 – 608	21 – 36	-	-

De la Tabla 3.16, las frecuencias que serán utilizadas son para las bandas 512 — 608 MHz (canales 21 al 36) y 614 — 686 MHz (canales 38 al 49), atribuidas para el servicio de RADIODIFUSIÓN con emisiones de televisión abierta en el PNF, podrían ser usadas para la operación temporal de estaciones de Televisión Digital Terrestre, dependiendo de la disponibilidad y los grupos de canales UHF asignados en cada zona geográfica en la Norma de TV Abierta Analógica [22]. Para el presente estudio se utilizará la banda 614 – 686 MHz en la cual actualmente se encuentra operando ELITE TV.

### **Zona geográfica**

Para este caso, la Norma Técnica de TV digital momentáneamente se rige a la normativa de zonificación que se encuentra vigente, aplicada a la televisión analógica, en la cual se especifica la división geográfica de las provincias. En la Tabla 3.17 se observa la asignación para Cotopaxi y Tungurahua que son de interés para el estudio.

Tabla 3.17 Zona geográfica para Cotopaxi y Tungurahua [23]

<b>ZONA GEOGRÁFICA</b>	<b>Definición de la ZONA</b>	<b>Grupos VHF</b>	<b>Grupos UHF</b>
T	Provincias de Tungurahua y Cotopaxi, excepto la parte occidental de la Cordillera de los Andes de la provincia de Cotopaxi (cantones La Maná, Pangua, parroquia Pilaló (cantón Pujilí) y alrededores).	A1, B1	G2, G3

Para los grupos UHF G2 y G3 se tiene asignados los siguientes canales de la Tabla 3.18.

Tabla 3.18 Grupos y canales UHF para Tungurahua y Cotopaxi [23]

GRUPO	CANAL	GRUPO	CANAL
G2	20	G3	39
	22		41
	24		43
	26		45
	28		47
	30		49
	32		
	34		
	36		

#### **Autorizaciones temporales para TDT**

Según el informe CITDT-GATR-2011-03 del 20 de diciembre de 2011, se identificó que “para las zonas geográficas correspondientes a las provincias de Pichincha, Guayas y Tungurahua-Cotopaxi, la asignación de canales para autorizaciones temporales debían ser a canal adyacente, debido a la falta de disponibilidad de canales principales, lo que significa un total de 12 canales disponibles en Pichincha, 13 en Guayas y 14 en Tungurahua-Cotopaxi, para la fase de autorizaciones temporales” [22].

Los requisitos para acceder a una frecuencia temporal son los siguientes:

La persona natural o jurídica, que requiera obtener una frecuencia temporal para transmitir en TV digital como requisito debe tener una concesión de frecuencia para televisión abierta en el lugar de estudio [22].

Primero, se deberá realizar la transmisión digital desde su matriz mediante el estándar ISDB-Tb, para luego acceder a frecuencias temporales para la operación de sus repetidores [22].

Una vez adquirida la frecuencia temporal, el canal contará con 6 meses para la puesta en funcionamiento del canal digital mediante el estándar ISDB-T. Si se incumple con esto, la autorización para transmitir digitalmente será revocada; en caso de necesitar más tiempo, la persona natural o jurídica podrá obtener una prórroga presentando su justificación ante el órgano regulador [22].

## Especificaciones del enlace

Por requerimiento de ELITE TV se trabajará con equipos de OMB Sistemas Electrónicos SA, empresa especializada en la producción de sistemas de antenas, transmisores de radio y TV. Para el enlace, se utilizará el transmisor de microondas digital OMB DIGITAL MICROWAVE LINK, el cual es aplicable a todos los estándares de TV digital; entre sus características principales se tiene el transporte de señales de alta definición y comunicación full dúplex. Además, se podrá realizar cambios a estos parámetros que se utilizarán como referencia para el enlace ya que estos equipos se los solicita dependiendo de las características del canal.

Tabla 3.19 Características del DIGITAL MICROWAVE LINK [21]

Característica	Detalle
Velocidad de Transmisión	155 Mbps (hasta 310 Mbps Opcional) Full duplex
Rango de frecuencias	3.7 – 39 GHZ
Puertos	Dos puertos USB para la conexión USB de disco flash o PC
Potencia de transmisión	<p>QPSK From 27dBm to 18dBm (depends the Fq.)</p> <p>32QAM From 24dBm to 15dBm (depends the Fq.)</p> <p>128QAM From 22dBm to 13dBm (depends the Fq.)</p> <p>High power option QPSK<math>\leq</math>32dBm</p> <p>High power option 32QAM<math>\leq</math>32dBm</p> <p>High power option 128QAM<math>\leq</math>32dBm</p> <p>RX Sensitivity</p> <p>@10E-6 BER</p> <p>28MHZ, 155Mbps From -70dBm to -66dBm (depends the Fq.)</p> <p>56MHZ, 310Mbps From -72/-66dBm to -68/-63dBm (depends the Fq.)</p> <p>Standard Compliance Radio ETSI EN 302 217, EN 301 216, EN 301 128, EN 300 19B</p> <p>Power Supply ETSI EN 300 132-2, EMC/ Safety ETSI EN 301 489 IEC EN 60950</p>
Diámetro de la antena	1.2 m
Interfaces	2 o 4 x ASI (BNC input/output)

A continuación, en la Tabla 3.20 se presentan los datos para realizar los cálculos teóricos obtenidos del libro de Tomasi [14]:

Tabla 3.20 Enlace datos generales para cálculos [14] - [26].

Estudio ELITE TV – Pilisurco	Datos
Distancia (D)	25,10 Km
Frecuencia Promedio (f)	6926,5MHz
Factor de rugosidad (A)	1
Factor climático (B)	0,25
Confiabilidad (R)	99,900%

### Primera zona de Fresnel

Se realizará el cálculo para la primera zona de Fresnel, esta debe tener un 80% mínimo sin obstrucción para garantizar una recepción óptima, mediante la Ecuación 3.2.

$$R1 = 17,32 \sqrt{\frac{n(d_1 \times d_2)}{(D_T \times F)}}_0$$

$$R1 = 8,657 \sqrt{\frac{D(Km)}{F(GHz)}}$$

Ecuación 3.2 Primera zona de Fresnel [14]

Donde:

$d_1 \times d_2$  = son las distancias hasta el punto de obstrucción

$D_T$  = es la distancia total del enlace

$F$  = es la frecuencia de trabajo del sistema

17,32 = constante es la raíz de la velocidad de la luz

$n$  = zona de Fresnel

### Pérdidas en el espacio libre

Con la Ecuación 3.3 se obtendrán las pérdidas generadas en la transmisión del radio enlace.

$$L_{EL}(dB) = 32,45 + 20 \log D(Km) + 20 \log f(MHz)$$

Ecuación 3.3 Pérdidas en el espacio libre [14]

Donde:

D = distancia total del sistema

F = frecuencia del sistema

#### Margen de desvanecimiento

Se considera como todas las pérdidas de la señal en la trayectoria provocadas por diferentes factores ambientales Ecuación 3.4.

$$Fm = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Ecuación 3.4 Margen de desvanecimiento [14]

Donde se definen los siguientes términos como:

Fm = margen de desvanecimiento (dB)

D = distancia del enlace (Km)

f = frecuencia (GHz)

R = confiabilidad

A = factor de rugosidad

B = factor de climático del medio

#### Potencia de recepción

Para realizar el cálculo de la potencia de recepción, se tiene la Ecuación 3.5.

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_T$$

$$P_{Rx} = P_{Tx} - L_C + G_{Tx} - L_{EL} - L_{obs} + G_{Rx} - L_C$$

Ecuación 3.5 Cálculo de la potencia de recepción [14]

Donde:

( $P_{tx}$ ) Es la potencia de transmisión (dB)

( $L_C$ ) Es la pérdida por conectores (dB)

$(G_{Tx})$  Ganancia de antena

$(L_{EL})$  Pérdidas en el espacio libre

$(L_{obs})$  Pérdidas por obstáculos

Para calcular el patrón de radiación se utilizó el método de propagación UIT: UIT-R P.1812 y UIT-R P.1546 por tener la mayor facilidad al momento de realizar la distribución radial de la antena y tener una visión general de la cobertura, debido a que trabaja con un modelo de propagación semi empírico o determinístico. Éstos se aplican desde un punto a una zona determinada para conocer el nivel de intensidad de campo, es válida para frecuencias de 30 MHz a 3000MHz. Para efectos de cálculo se realizará mediante la REC.ITU-R P.1546-3 debido a que esta recomendación trabaja con un solo transmisor, teniendo la Ecuación 3.6 [24].

$$E = 106,9 - 20 \log(d)$$

Ecuación 3.6 Intensidad de campo [24]

Donde se definen los siguientes términos como:

E = intensidad de campo eficaz

D = distancia desde el transmisor al punto de estudio (Km)

Para realizar el cálculo de la Potencia Efectiva Radiada (PER), se utilizará la fórmula asignada por la ARCOTEL mediante RESOLUCIÓN 072-04-CONATEL-2010 que se detalla continuación [25].

$$PER [Kw] = P_T(Kw) * 10^{\left[\frac{G(dBd) - Pérdidas(dB)}{10}\right]}$$

Ecuación 3.7 Cálculo del PER [25]

Donde:

$P_T$  Es la potencia nominal del transmisor

$G(dBd)$  Es la ganancia del arreglo (sistema radiante)

$Pérdidas(dB)$  Corresponden a líneas de transmisión, conectores, etc.

Las pérdidas máximas se encuentran tabuladas en la resolución RESOLUCIÓN 072-04-CONATEL-2010 y se escogerá según sea el caso de estudio [25].

Tabla 3.21 Pérdidas máximas por tipo de servicio [25]

TIPO DE SERVICIO	PÉRDIDAS MÁXIMAS
Radiodifusión FM	1.5 dB
Radiodifusión AM	1 dB
Televisión VHF	1.5 dB
Televisión UHF	2 dB
Televisión en banda MMDS	2 dB

Además, para el transmisor se utilizará un MOT 100 A que consta de las siguientes características:

Tabla 3.22 Parámetros MOT 100 A [21]

MOT 100 A	
Potencia de salida analógica	100 W
Potencia de salida ISDBT	50 W
Rango de frecuencia ágil	Bandas I III IV V
Modulación jerárquica	Hasta 3 niveles

Se realizó el diseño mediante software Radio Mobile, para lo cual previamente se descargó el programa Google Earth. Se creó el radioenlace desde las oficinas de ELITE TV en Latacunga y su transmisor localizado en el cerro Pilisurco. Se observó en el simulador si existe o no línea de vista. Después, se colocaron los parámetros para su funcionamiento con lo cual se observó que los resultados, con respecto a la zona de Fresnel, estaban sin obstáculos para la factibilidad del enlace.

### **Configuraciones y análisis del radio enlace en el simulador**

Para determinar si es posible tener comunicación entre el estudio de ELITE TV y el cerro Pilisurco se ha utilizado la herramienta Radio Mobile, teniendo como resultado lo siguiente:

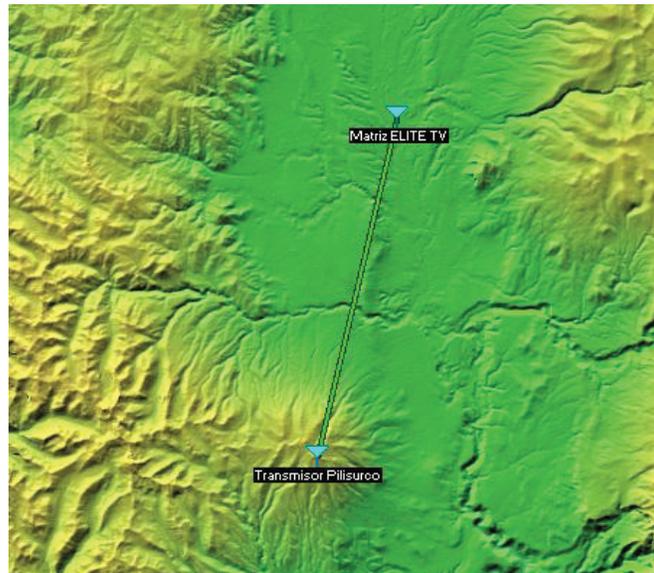


Figura 3.33 Enlace en Radio Mobile visión general

La línea del enlace de color verde indica que sí es posible una comunicación entre ambas partes y garantiza que no existen obstáculos en la primera Zona de Fresnel, esto se lo puede ver en la Figura 3.34.

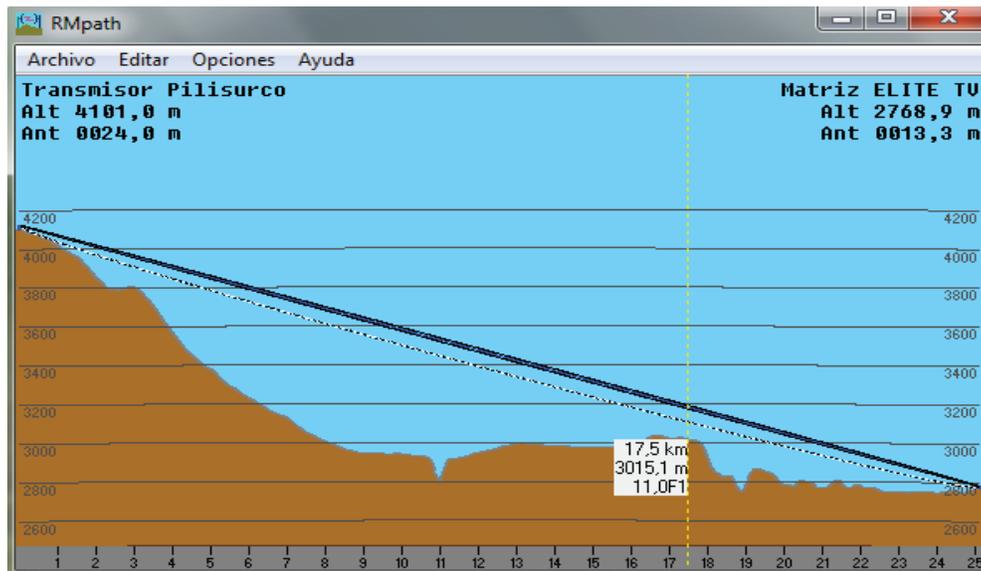


Figura 3.34 Perfil del enlace Rmpath

En el perfil de la figura se observa que se tiene despejado el enlace sin ninguna obstrucción que pueda hacer crítica la transmisión de información; además, con la línea vertical amarilla se puede conocer parámetros como distancia, altura y el porcentaje del despeje respecto a la primera zona de Fresnel en cualquier punto de la trayectoria.

Una vez corroborado que existe línea de vista, se procede a configurar los siguientes parámetros en el simulador para el enlace ELITE TV – Pilisurco.

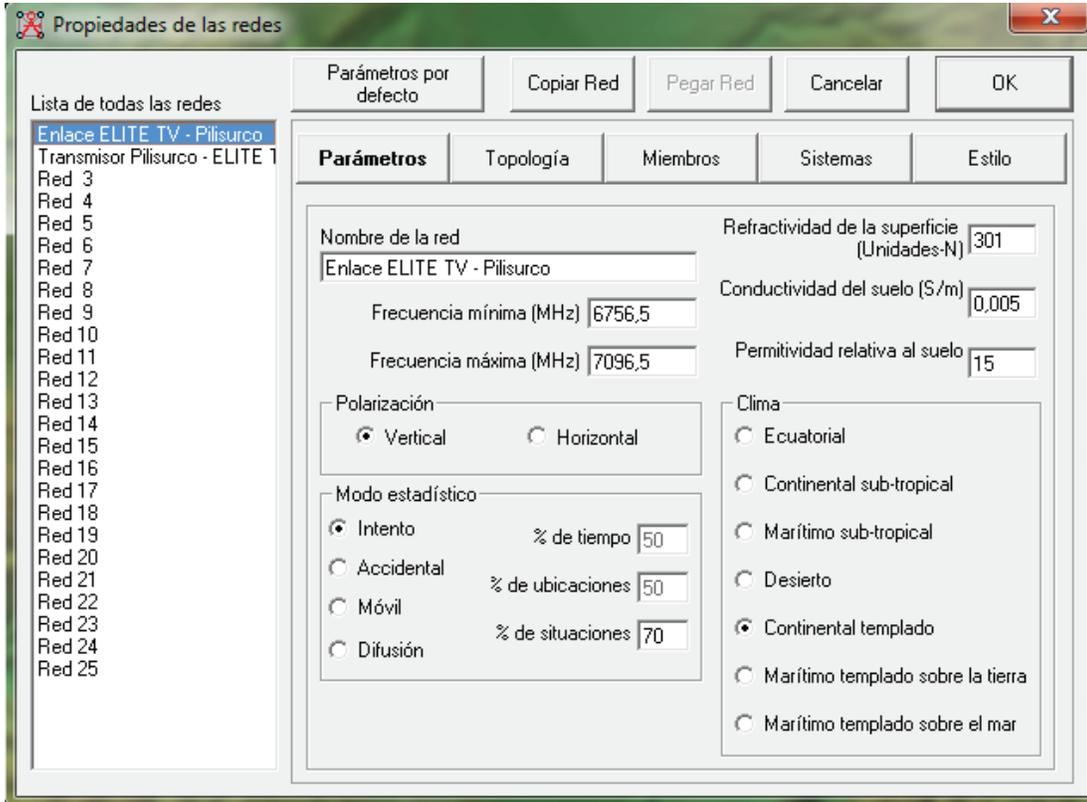


Figura 3.35 Parámetros del enlace

Para seleccionar los parámetros se tomó una frecuencia auxiliar de las designadas para la televisión digital dado en la RESOLUCIÓN No. SNT-2014-0283, en la cual se asignan las frecuencias para enlaces auxiliares [26]. Se ha seleccionado un clima continental templado, ya que es el más parecido a las condiciones del presente estudio, que sería específicamente un clima templado por altitud. Debido a las zonas montañosas que se presentan en la trayectoria del enlace, se trabajará con polarización vertical y horizontal, para en caso de existir variación seleccionar el mejor [27].

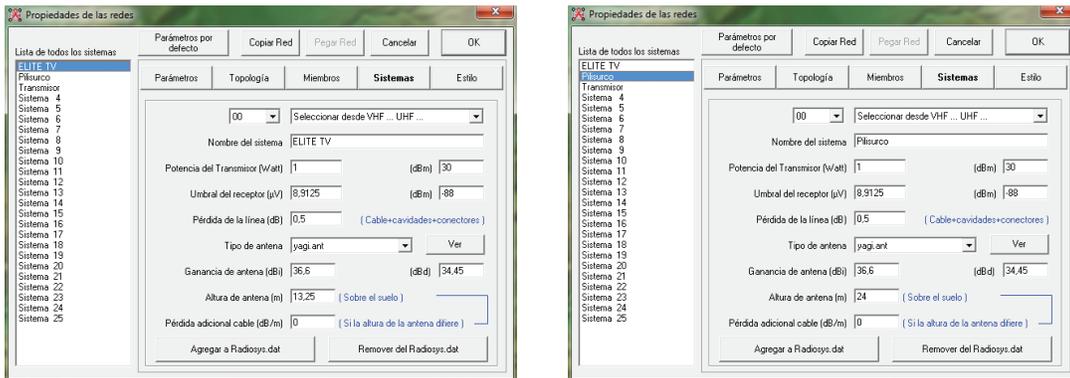


Figura 3.36 Sistema del enlace

La diferencia principal en las configuraciones de los sistemas para ELITE TV y Pilisurco, es su altura extra. En el caso de ELITE TV su antena se encuentra en el cuarto piso, lo que genera una ganancia de altura de 13.3 m, y para Pilisurco se tiene una torreta instalada de 24 m.

### 3.3 Análisis para la cobertura del transmisor en el simulador

Siguiendo con el estudio se analizará la cobertura y su comportamiento al momento de la transmisión. Para lo cual se utilizará un arreglo de antenas PD 2000 del fabricante OMB, que trabaja en las bandas de IV y V. Está conformada por dos dipolos dobles y reflector de acero inoxidable, protegidos por un radomo de poliéster y fibra de vidrio. Las características se detallan en la Tabla 3.23.

La ubicación del transmisor en el cerro Pilisurco permitirá tener una mayor cobertura del canal, puesto que se encuentra a 4114m de altura. Adicional a ésto se cuenta con una torreta triangular de 24m, lo cual brindará facilidades en la propagación de la señal que se evidenciará al momento de realizar las pruebas en el simulador.

La asignación de canal digital se hará mediante canal adyacente debido a que esta zona geográfica tiene un número limitado de canales principales. Ésto se genera porque existen 20 estaciones analógicas y solo 14 canales adyacentes, teniendo como solución la compartición de un canal de 6 MHz entre dos concesionarios; para realizar pruebas transmitiendo en TV digital.

Tabla 3.23 Parámetros antena PD2000 [21]

<b>Parámetros antena PD 2000</b>		
Rango de frecuencia	470-890MHz	
Ganancia	13dBi	
Ancho de haz	Plano E: 62°	Plano H: 28°
Polarización	Horizontal	
Impedancia	50 Ohm	
Potencia máxima	2KW	
Arreglo PD2000R		
Antenas	4	
Ganancia	20,5 dBi	
Potencia máxima	3KW	

Para el presente estudio se tomó la antena PD2000 por requerimientos de ELITE TV, la misma que ofrece distintos tipos de configuraciones de arreglos. En este caso, se utilizará un arreglo de cuatro antenas; a continuación se presenta el diagrama de radiación de panel de TV PD 2000.

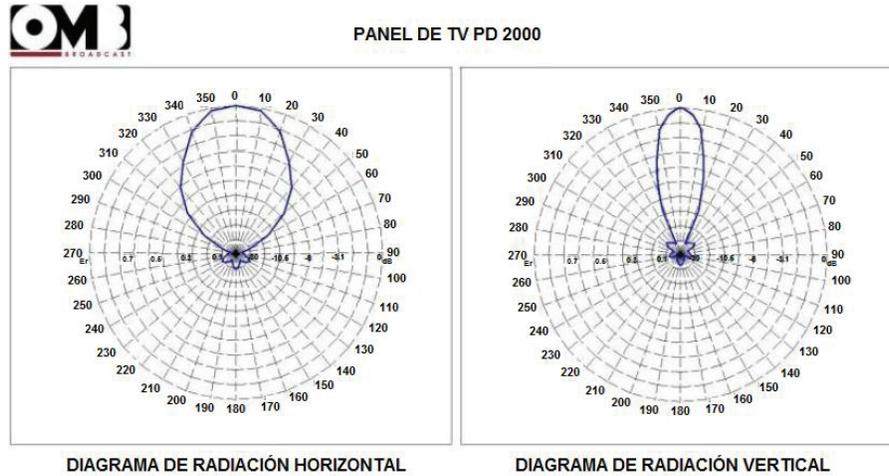


Figura 3.37 Lóbulo de radiación PD2000 *datasheet*

### Patrón de radiación panel PD2000

Al no tener los datos del diagrama de radiación horizontal de la Figura 3.37, para poder ingresar en el simulador *Radio Mobile*. Se procedió a realizar manualmente un gráfico aproximado en EXCEL de sus valores reales obteniendo el siguiente patrón de radiación:

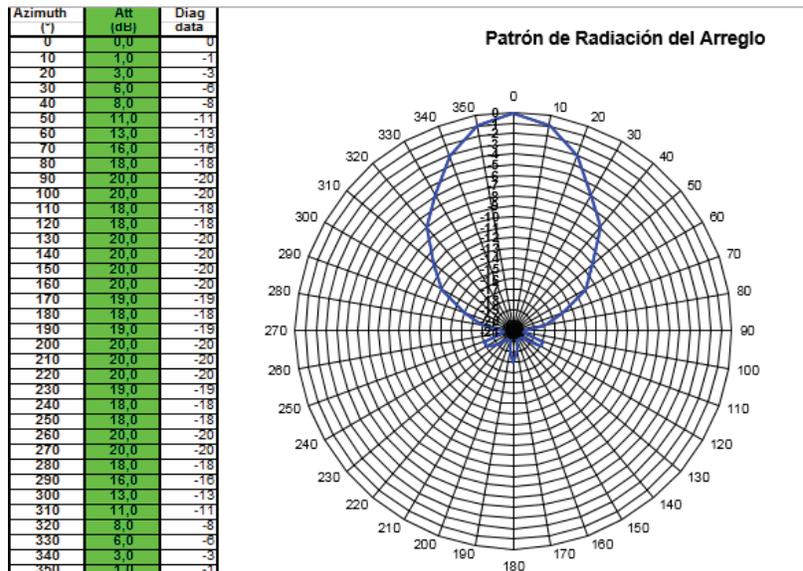


Figura 3.38 Lóbulo de radiación obtenido en EXCEL

Estos valores obtenidos son realizados mediante el código de la Tabla 3.24.

Tabla 3.24 Valores de EXCEL obtenidos para radiación de la antena

Valores para diagrama de radiación									
0,0	-7,2	-16,4	-18,4	-20,0	-18,0	-20,0	-18,4	-16,4	-5,1
-0,1	-7,4	-16,6	-18,2	-20,0	-18,1	-20,0	-18,6	-16,2	-4,8
-0,2	-7,6	-16,8	-18,0	-20,0	-18,2	-20,0	-18,8	-16,0	-4,5
-0,3	-7,8	-17,0	-18,0	-20,0	-18,3	-20,0	-19,0	-15,7	-4,2
-0,4	-8,0	-17,2	-18,0	-20,0	-18,4	-20,0	-19,2	-15,4	-3,9
-0,5	-8,3	-17,4	-18,0	-20,0	-18,5	-19,9	-19,4	-15,1	-3,6
-0,6	-8,6	-17,6	-18,0	-20,0	-18,6	-19,8	-19,6	-14,8	-3,3
-0,7	-8,9	-17,8	-18,0	-20,0	-18,7	-19,7	-19,8	-14,5	-3,0
-0,8	-9,2	-18,0	-18,0	-20,0	-18,8	-19,6	-20,0	-14,2	-2,8
-0,9	-9,5	-18,2	-18,0	-20,0	-18,9	-19,5	-20,0	-13,9	-2,6
-1,0	-9,8	-18,4	-18,0	-20,0	-19,0	-19,4	-20,0	-13,6	-2,4
-1,2	-10,1	-18,6	-18,0	-20,0	-19,1	-19,3	-20,0	-13,3	-2,2
-1,4	-10,4	-18,8	-18,0	-20,0	-19,2	-19,2	-20,0	-13,0	-2,0
-1,6	-10,7	-19,0	-18,2	-20,0	-19,3	-19,1	-20,0	-12,8	-1,8
-1,8	-11,0	-19,2	-18,4	-20,0	-19,4	-19,0	-20,0	-12,6	-1,6
-2,0	-11,2	-19,4	-18,6	-20,0	-19,5	-18,9	-20,0	-12,4	-1,4
-2,2	-11,4	-19,6	-18,8	-20,0	-19,6	-18,8	-20,0	-12,2	-1,2
-2,4	-11,6	-19,8	-19,0	-19,9	-19,7	-18,7	-20,0	-12,0	-1,0
-2,6	-11,8	-20,0	-19,2	-19,8	-19,8	-18,6	-20,0	-11,8	-0,9
-2,8	-12,0	-20,0	-19,4	-19,7	-19,9	-18,5	-19,8	-11,6	-0,8
-3,0	-12,2	-20,0	-19,6	-19,6	-20,0	-18,4	-19,6	-11,4	-0,7
-3,3	-12,4	-20,0	-19,8	-19,5	-20,0	-18,3	-19,4	-11,2	-0,6
-3,6	-12,6	-20,0	-20,0	-19,4	-20,0	-18,2	-19,2	-11,0	-0,5
-3,9	-12,8	-20,0	-20,0	-19,3	-20,0	-18,1	-19,0	-10,7	-0,4
-4,2	-13,0	-20,0	-20,0	-19,2	-20,0	-18,0	-18,8	-10,4	-0,3
-4,5	-13,3	-20,0	-20,0	-19,1	-20,0	-18,0	-18,6	-10,1	-0,2
-4,8	-13,6	-20,0	-20,0	-19,0	-20,0	-18,0	-18,4	-9,8	-0,1
-5,1	-13,9	-20,0	-20,0	-18,9	-20,0	-18,0	-18,2	-9,5	-7,2
-5,4	-14,2	-20,0	-20,0	-18,8	-20,0	-18,0	-18,0	-9,2	-7,0
-5,7	-14,5	-19,8	-20,0	-18,7	-20,0	-18,0	-17,8	-8,9	-6,8
-6,0	-14,8	-19,6	-20,0	-18,6	-20,0	-18,0	-17,6	-8,6	-6,6
-6,2	-15,1	-19,4	-20,0	-18,5	-20,0	-18,0	-17,4	-8,3	-6,4
-6,4	-15,4	-19,2	-20,0	-18,4	-20,0	-18,0	-17,2	-8,0	-6,2
-6,6	-15,7	-19,0	-20,0	-18,3	-20,0	-18,0	-17,0	-7,8	-6,0
-6,8	-16,0	-18,8	-20,0	-18,2	-20,0	-18,0	-16,8	-7,6	-5,7
-7,0	-16,2	-18,6	-20,0	-18,1	-20,0	-18,2	-16,6	-7,4	-5,4

Se procede a copiar los valores de la Tabla 3.24 en un bloc de notas y se guarda el archivo con la extensión (.ant) en la carpeta de *Radio Mobile* instalado en la PC, subcarpeta antenas. Después de este proceso, se ingresará al software y se tendrá la antena lista para ser usada, Figura 3.39.

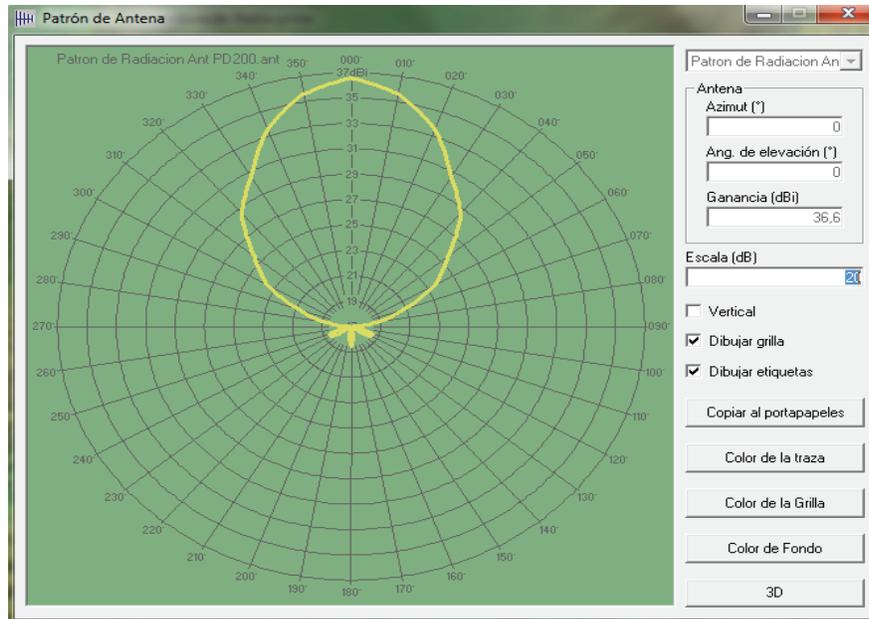


Figura 3.39 Simulación de la antena en Radio Mobile

### **Análisis y configuraciones para el transmisor**

El primer aspecto fundamental es el factor climático, al estar ubicado el transmisor a 4114m de altura, ocasiona que se generen pérdidas por neblina y se deteriore la señal. La mejor opción que se ajusta en el simulador es la continental templado, que hace referencia al clima de la cordillera de los Andes. Con esto se debe tener en cuenta que la intensidad de campo en los bordes de la cobertura, no debe ser menor a 51dBuV/m. Esto se comprobará al momento de realizar las simulaciones de cobertura, y en caso de no cumplir con este requerimiento que es exigido por la norma de TV digital, se realizarán las respectivas modificaciones.

Para simular la cobertura del sistema, es necesario crear un enlace para configurar los parámetros, el cual puede estar ubicado en cualquier parte, ya que no tiene que ser obligatoriamente entre el transmisor ubicado en el Pilisurco y el estudio en Latacunga; podría ser: entre el Pilisurco y cualquier otro punto creado alrededor de éste.

En la Figura 3.40 se puede evidenciar qué se realizó entre los mismos puntos para no crear otra unidad.

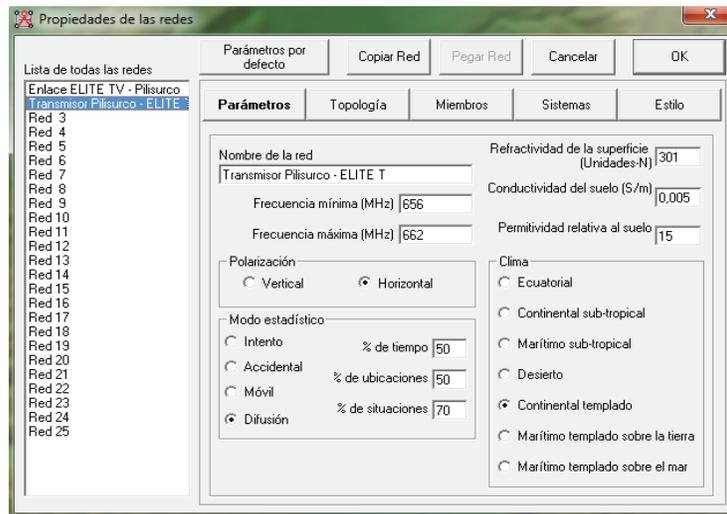


Figura 3.40 Parámetros transmisor sistema radiante

Teniendo en la configuración la frecuencia asignada mediante la Tabla 3.16, la polarización horizontal es necesaria para tener la mayor apertura del lóbulo, como se puede observar en la Figura 3.37.

En el simulador no existe el clima específico, que sería clima templado por altitud, que hace referencia a la cordillera de los Andes según la clasificación de Koppen. El cual se basa en un método puramente empírico y sus parámetros de estudio son la precipitación y temperatura, midiendo su comportamiento en el lapsus de un año [27].

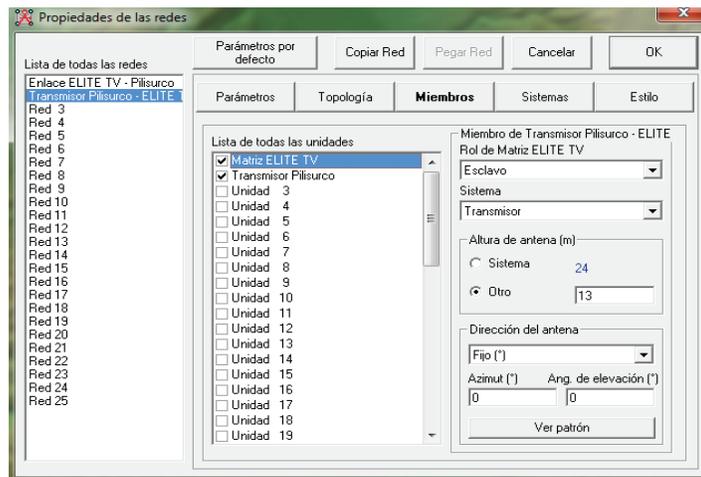


Figura 3.41 Configuración de los miembros para el sistema radiante

Un dato importante es que no se debe agregar dirección a ninguno de los miembros que conforman el enlace, como se muestra en la Figura 3.41. Esto se debe a que la antena ya cuenta con dirección y al momento de la simulación no necesitará dirección, ya que por defecto está dada en su diagrama de radiación.

Seguido a esto configuramos el sistema como se muestra en la Figura 3.42.

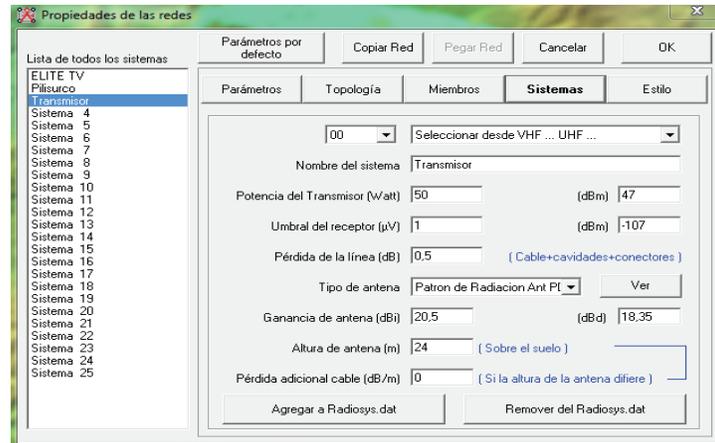


Figura 3.42 Configuración del transmisor sistema para radiación

Los parámetros configurados en la Figura 3.42 fueron tomados de las Tablas 3.2 y 3.22, el tipo de antena es el creado mediante la ayuda de EXCEL, como se muestra en la Figura 3.38, para su respectiva propagación.

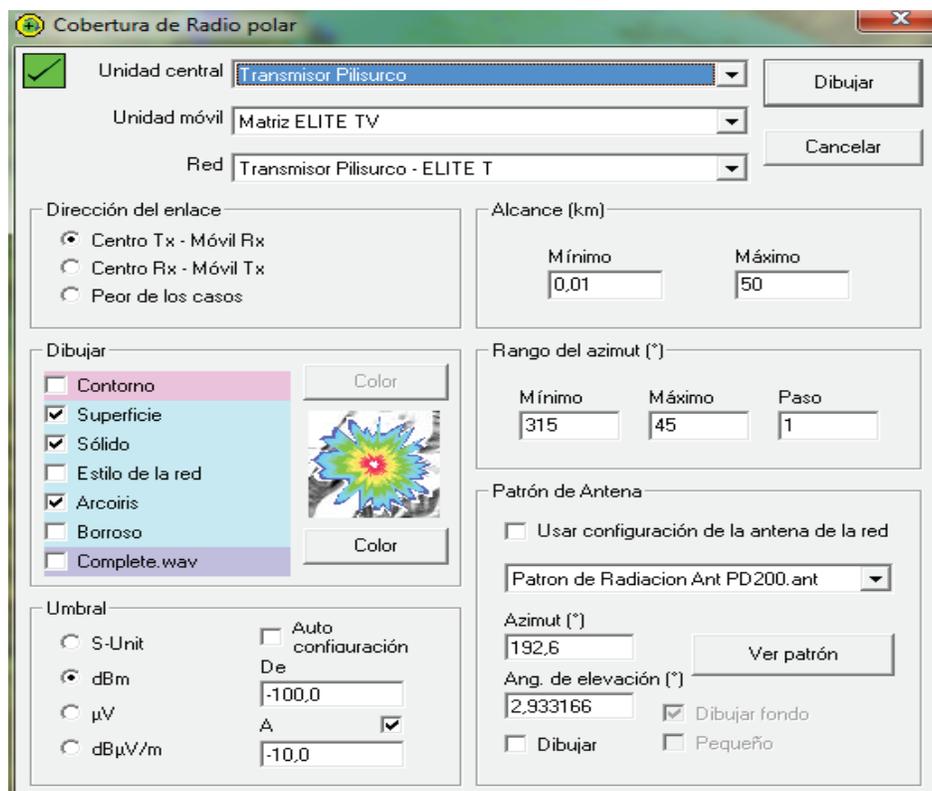


Figura 3.43 Configuración para generar la radiación de la antena transmisora

En la Figura 3.43, mediante las configuraciones realizadas en la Figura 3.40, Figura 3.41 y Figura 3.42, se procedió a seleccionar los parámetros, definiendo que la unidad central

es el transmisor Pilisurco, ya que desde este punto se radiará la señal; y la unidad móvil como referencia a ELITE TV, que se desplazará desde 315° y 45°. Se escogió la opción de arcoíris para visualizar la potencia con distintos colores en un rango de -10 dBm a -100 dBm.

### 3.4 Infraestructura útil para el proyecto.

Después de haber realizado el levantamiento de información del sistema, se tiene como resultado que para el enlace se podrá hacer uso de la antena parabólica de 1.2m la cual funciona analógica y digitalmente con su respectivo soporte (mástil). Además, se observó en la Figura 3.31 que no existen obstáculos para la trayectoria que tendrá el enlace hacia el Cerro Pilisurco. Para el sistema radiante se hará uso de un arreglo de 4 paneles UHF con Azimut máximo de radiación 220°/310° marca PD 2000 del fabricante OMB, equipos con los que cuenta ELITE TV. Para su instalación en el Cerro Pilisurco se cuenta con un rack disponible para el transmisor y enlace, así también con una torreta triangular de 24m, que servirá de soporte para las antenas del enlace y del sistema radiante.

### 3.5 Cálculo teórico y simulación del radio enlace

#### Cálculo teórico

Se realizó el cálculo para la primera zona de Fresnel, mediante la Ecuación 3.2.

$$R1 = 8,657 \sqrt{\frac{D(Km)}{F(GHz)}}$$

$$R1 = 8,657 \sqrt{\frac{25,10Km}{6,9265GHz}}$$

$$R1 = 16,47 m$$

Para que el enlace sea factible, se debe tener como mínimo un 80% de R1 (primera zona de Fresnel) despejado por lo tanto se realiza el siguiente cálculo:

$$R1_{80\%} = (16,47m)(0.80)$$

$$R1_{80\%} = 13,17m$$

El valor de 13,17m será la distancia mínima despejada ante cualquier obstáculo durante la trayectoria para una correcta transmisión, la misma que será comparada con los resultados de simulación.

### Pérdidas en el espacio libre

Con la Ecuación 3.3 se obtuvo las pérdidas generadas en la transmisión del radio enlace durante toda su trayectoria, las cuales servirán para el cálculo de la ganancia de recepción.

$$L_{EL}(dB) = 32,45 + 20 \log D(Km) + 20 \log f(MHz)$$

$$L_{EL}(dB) = 32,45 + 20 \log 25.10(Km) + 20 \log 6926,5(MHz)$$

$$L_{EL}(dB) = 32,45 + 27,99 + 76,81$$

$$L_{EL}(dB) = 137,25 \text{ dB}$$

El resultado obtenido de 137,25 dB, representa la potencia que se pierde en la transmisión de la señal, sin considerar factores adicionales que pueden causar pérdidas como el aire, lluvia, niebla o cualquier otro factor que deteriore la señal.

### Margen de desvanecimiento

Se realizó el cálculo del margen de desvanecimiento con la Ecuación 3.4 analizada anteriormente.

$$Fm = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Los parámetros que se muestran en la Tabla 3.20 han sido seleccionados en base a las condiciones geográficas del radio enlace en estudio, para lo cual se cuenta con: factor de rugosidad sobre terreno promedio, factor climático para áreas continentales promedio y una confiabilidad para enlaces comerciales normales con pérdidas en la transmisión de más 8 horas por año.

$$Fm = 30 \log(25,10Km) + 10 \log(6(1)(0,25)(6,9265GHz)) - 10 \log(1 - 0,999) - 70$$

$$Fm = 30(1,399) + 10(1,016) - 10(-3) - 70$$

$$Fm = 41,99 + 10,16 + 30 - 70$$

$$Fm = 12,15 \text{ dB}$$

Como resultado se obtuvo un margen de 12.15 dB; en base a este valor, es posible determinar el deterioramiento de la señal. Si se tiene valores por debajo de este margen, no existirá comunicación entre transmisor y receptor. Este valor se podría corroborar físicamente configurando en el radio. Las pruebas de desvanecimiento se realizan en todo tipo de enlaces para verificar la confiabilidad del sistema.

### Potencia de recepción

Se realizó el cálculo mediante la Ecuación 3.5 y parámetros de la Tabla 3.20, por lo tanto se tiene:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_T$$

$$P_{Rx} = P_{Tx} - L_C + G_{Tx} - L_{EL} - L_{obs} + G_{Rx} - L_C$$

Pérdidas debido a obstáculos y estadísticos

$$L_{obs} = 7,4 \text{ dB}$$

Pérdidas debido a conductores

$$L_C = 0,5 \text{ dB}$$

Ganancia de antenas

$$G_{Tx} = 36,6 \text{ dBi}$$

$$G_{Rx} = 36,6 \text{ dBi}$$

Potencia de recepción

$$P_{Rx} = P_{Tx} - L_C + G_{Tx} - L_{EL} - L_{obs} + G_{Rx} - L_C$$

$$P_{Rx} = 30 \text{ dBm} - 0,5 \text{ dB} + 36,6 \text{ dBi} - 137,25 \text{ dB} - 7,4 \text{ dB} + 36,6 \text{ dBi} - 0,5 \text{ dB}$$

$$P_{Rx} = 103,2 \text{ dB} - 145,65 \text{ dB}$$

$$P_{Rx} = -42,45 \text{ dBm}$$

Con la potencia de recepción de -42,45 dBm se podrá realizar el enlace, con lo cual se comprueba que es viable el estudio, este parámetro debe ser mayor a -88 dBm que es la sensibilidad del receptor, para garantizar el correcto funcionamiento y será comparado con la simulación que deberá tener un margen similar al calculado.

### **Simulación de radio enlace**

Posterior a las configuraciones realizadas, se obtuvo los siguientes resultados con respecto a la zona de Fresnel sin obstáculos en la trayectoria, observando la línea de vista y garantizando la factibilidad del enlace que son:

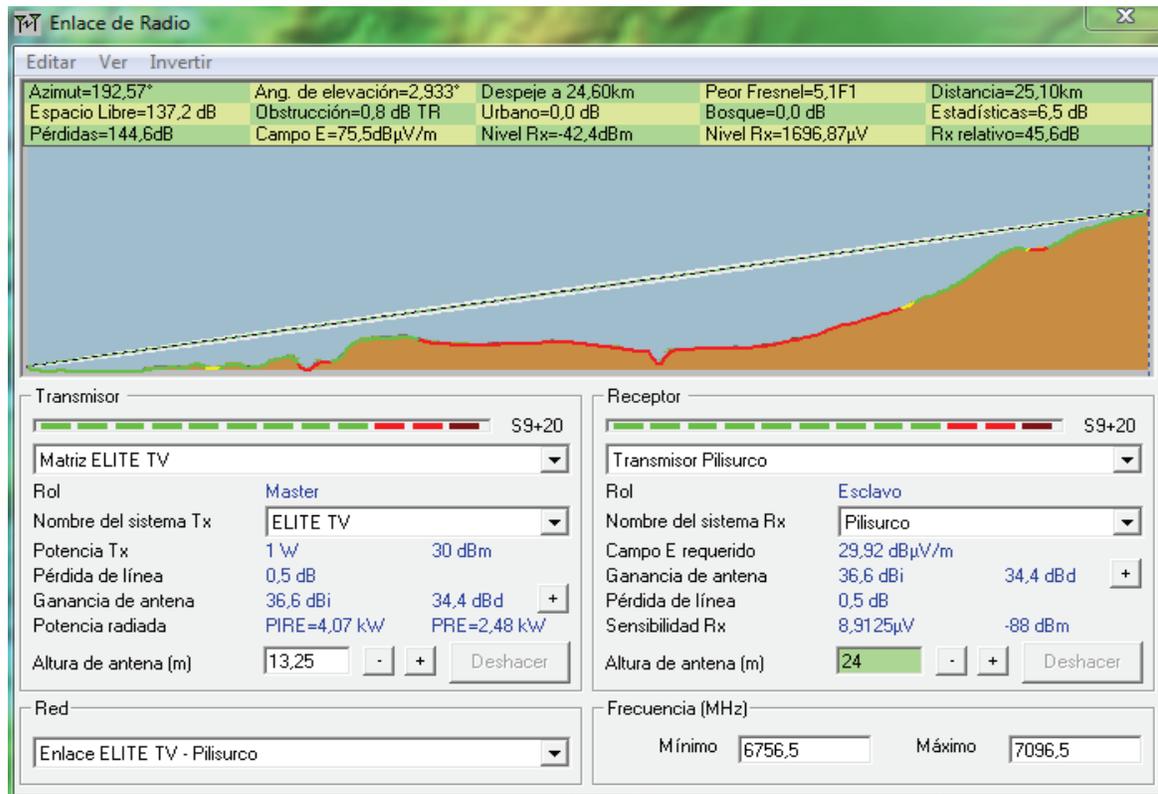


Figura 3.44 Enlace ELITE TV - Pilsurco con Polarización Vertical

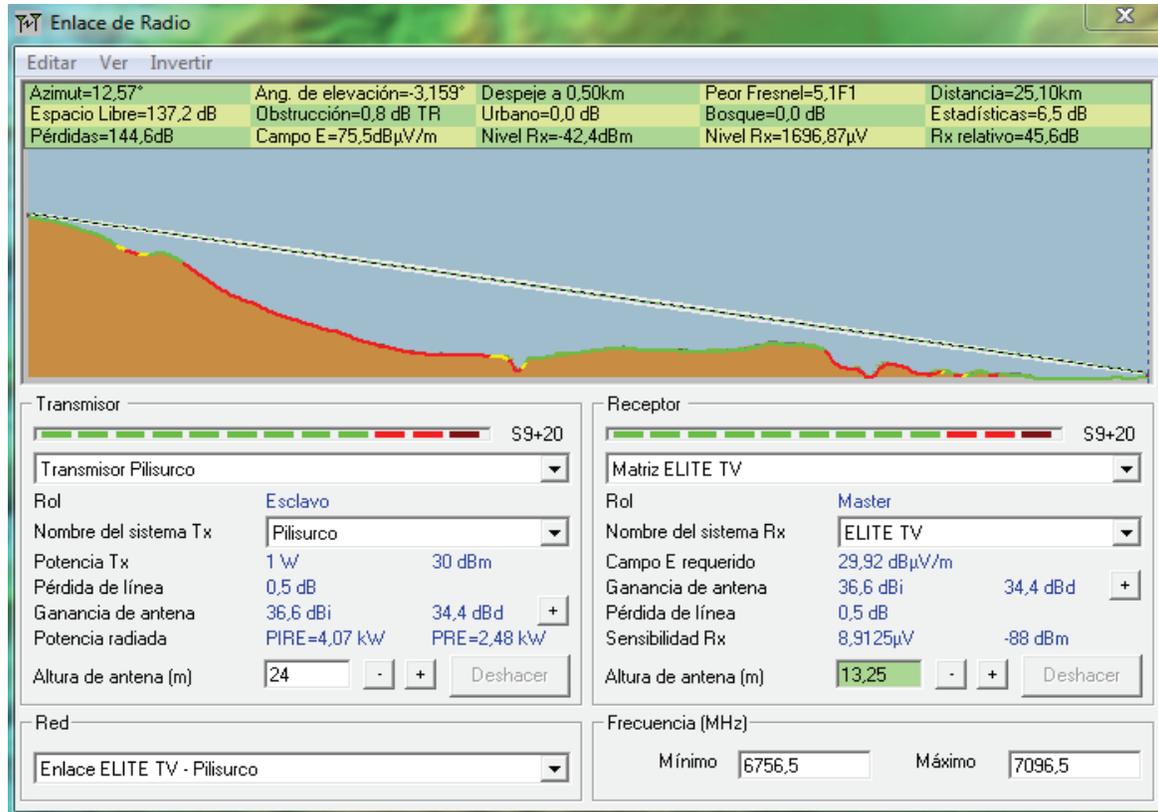


Figura 3.45 Enlace Pilsurco - ELITE TV Polarización Vertical

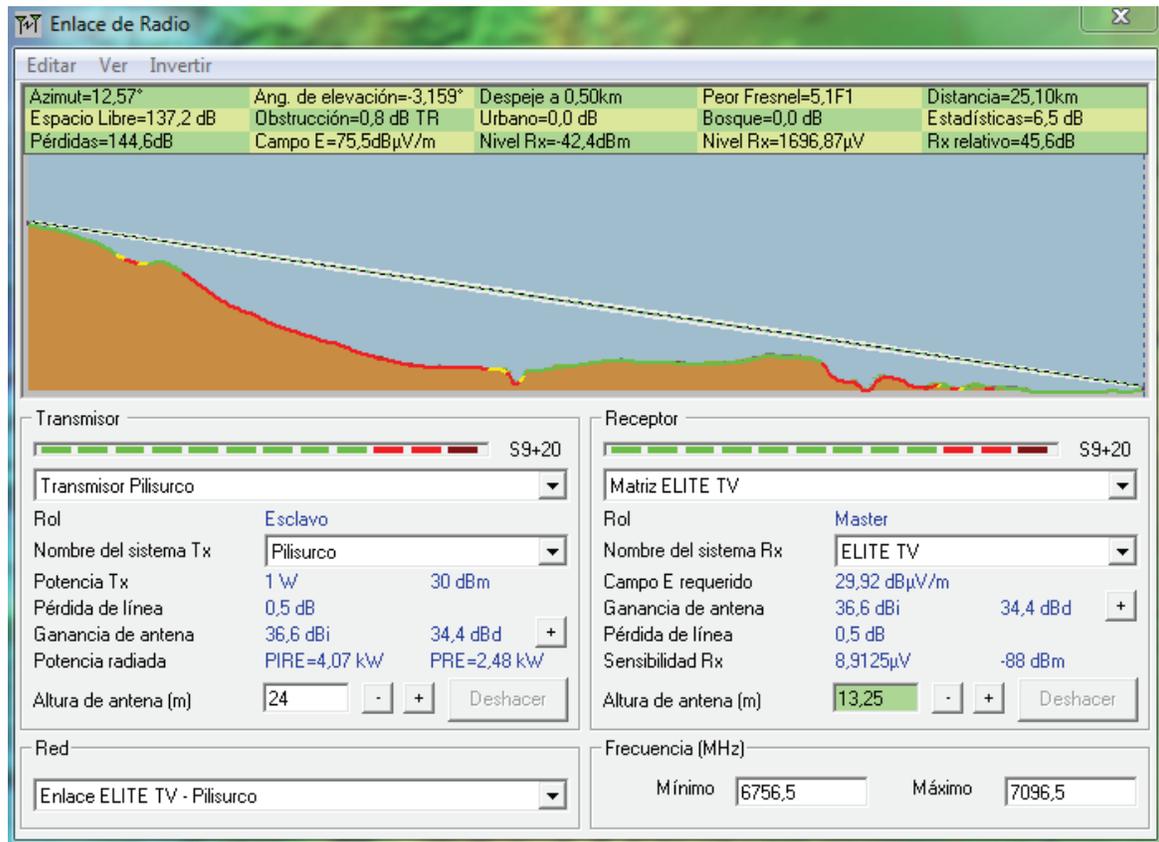


Figura 3.46 Enlace Pilisurco - ELITE TV Polarización Horizontal

Al variar la polaridad en la simulación como se observa en la Figura 3.44, Figura 3.45 y Figura 3.46, se ha obtenido los mismos resultados. Por lo tanto, se puede trabajar con polaridad vertical o polaridad horizontal. Para el presente estudio se trabajará con polarización vertical, y se analizarán sus parámetros en los siguientes detalles de las Figuras 3.47 y 3.48.

#### DETALLES DEL ENLACE EN GENERAL

- La distancia generada en el enlace entre transmisor y receptor es de 25,1 km.
- El azimut es la dirección que tomará la antena, y el ángulo de elevación es la inclinación que toma para dirigir su señal hacia el estudio de ELITE TV o al transmisor en el Pilisurco.
  - Para ELITE TV se tiene un azimut de 192,57° y ángulo de elevación de 2,9332°.
  - Para el Pilisurco se tiene un azimut de 12,57° y ángulo de elevación de -3,1590°.
- Para el modo de propagación se tiene 5.1F1 esto indica que está 5.1m superior a la primera zona de Fresnel despejado a la distancia de 0.5 Km del Pilisurco.

- Obstrucción, urbano, bosque y estadísticas son parámetros que se generan automáticamente seleccionando el tipo de clima en el simulador y se dan por defecto. Para el estudio del enlace el simulador considera pérdidas por obstrucción de 0,8 dB y estadísticas de 6,5 dB.
- La ganancia generada en el enlace es de 190,2 dB
- La peor recepción es de 45,5 dBm cumpliendo los requerimientos para enlaces ya que este parámetro debe estar entre 40 dBm y 80 dBm para que se considere óptimo.
- El 70% de situaciones es lo que garantiza el Radio Mobile para la factibilidad del enlace.

A continuación, se tiene la línea de vista tanto para el transmisor y receptor, las cuales están tomadas a 80° para tener una visibilidad panorámica de los puntos a enlazar mostrado en las Figura 3.47, Figura 3.48:

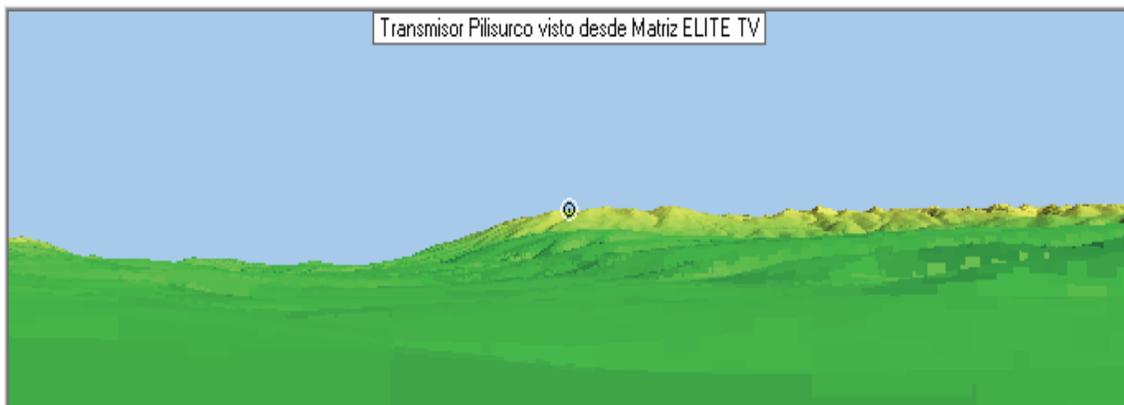


Figura 3.47 Línea de vista hacia el Pilisurco

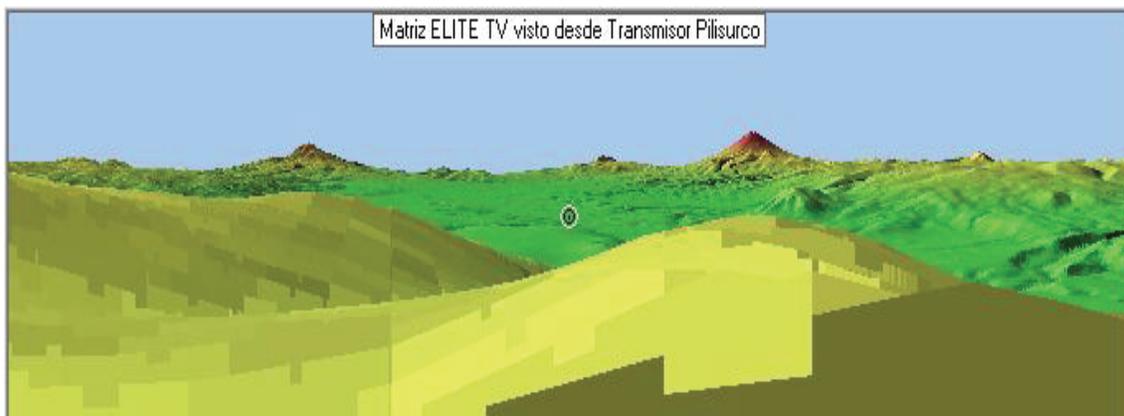


Figura 3.48 Línea de vista hacia ELITE TV

Para finalizar la parte del enlace, se realizará una tabla con especificaciones de los parámetros necesarios para el presente estudio:

Tabla 3.25 Resultados obtenidos mediante Radio Mobile vs calculados

<b>Parámetros del enlace ELITE TV - Pilisurco</b>		
	Simulados	Calculados
Azimut Matriz ELITE TV – Pilisurco	192,57°	N/A
Azimut Pilisurco – Matriz ELITE TV	12,57°	N/A
Distancia	25,1 Km	N/A
Recepción Relativa	-42,4 dBm	- 42,45 dBm
Mínimo despeje desde Matriz ELITE TV	24,60 Km	N/A
Pérdidas en el espacio libre	137,2 dB	137,25 dB
Primera Zona de Fresnel	5,1F1	16,47 m
Pérdidas por trayecto	144,6 dB	N/A

Como se puede observar en la Tabla 3.25, los parámetros calculados son similares a los simulados por lo tanto se garantiza la funcionabilidad óptima del enlace; además, la primera zona de Fresnel en el simulador es de 5,1 de F1 lo que nos demuestra que se encuentra despejado más del 100% de la zona de Fresnel necesaria para el enlace.

### 3.6 Cálculo y simulación de la cobertura del transmisor

Con los datos obtenidos de las tablas se procede a realizar el cálculo de Potencia Efectiva de Radiación (PER) según la Tabla 3.22, Tabla 3.23 y Ecuación 3.7.

Ganancia del arreglo: 20,5 dBi

Para obtener la ganancia en dBd se utiliza:  $G(\text{dBd}) = 20,5 \text{ dBi} - 2,15 = 18,35 \text{ dBd}$

Potencia = 50W

$PER_{MAX} = 3KW$

$$PER [Kw] = P_T(Kw) * 10^{\left[\frac{G(\text{dBd})-Pérdidas(\text{dB})}{10}\right]}$$

$$PER [Kw] = 0,05(Kw) * 10^{\left[\frac{18,35(\text{dBd})-2(\text{dB})}{10}\right]}$$

$$PER [Kw] = 2,15 Kw$$

Obteniendo una PER de 2,15 Kw que será emitida por el arreglo de cuatro antenas PD2000R, dentro del rango permitido por este sistema de antenas y así garantizando el nivel de intensidad de campo eficaz que se puede calcular mediante la Ecuación 3.6.

$$E = 106,9 - 20 \log(d)$$

Tabla 3.26 Nivel de intensidad de campo



En la Tabla 3.26 se muestra la intensidad de campo para un sector de aproximadamente 10.2°, tomando mediciones a 15, 20, 25 y 30 Km desde su transmisor en el cerro Pilisurco y considerando que no hay obstáculos en la trayectoria. Para su análisis se tomará como referencia  $E > 51 \text{ dBuV/m}$  según la norma técnica para TV digital del Ecuador [7].

Como resultado se obtiene que la intensidad de campo es superior a 51 dBuV/m durante toda la trayectoria del estudio que pasa por la ciudad de Latacunga, garantizando su cobertura principal.

### Simulación de la cobertura del transmisor

Con las configuraciones realizadas anteriormente en las Figuras 3.39, 3.40, 3.41, 3.42 y 3.43, se obtiene el patrón de radiación en Radio Mobile en el cual se observan las intensidades de campo. Las cuales están diferenciadas por un color cada una como se muestra en la Figura 3.49, que tiene en su mayoría una intensidad de 74 dBuV/m, que es

inferior al calculado. Esto se debe a que los cálculos realizados en la Tabla 3.26 son ideales no se considera ninguna obstrucción.

Como resultado se obtiene una intensidad de campo aceptable para los sitios de influencia que tendrá el sistema radiante de la Figura 3.49. La cual debe cumplir con una  $E > 51 \text{ dBuV/m}$  según la norma técnica para TV digital del Ecuador [7].

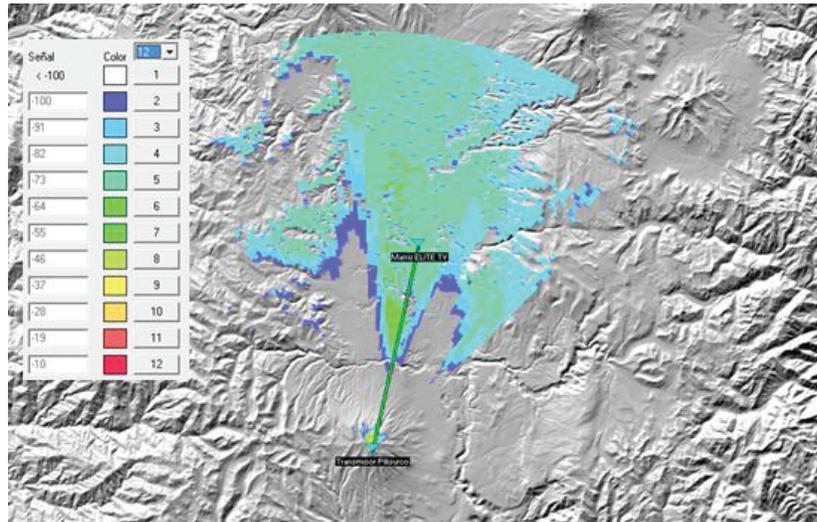


Figura 3.49 Cobertura Radio Mobile

Para el análisis de las ciudades que serán influenciadas por la radiación de la antena se exportó el mapa generado en Radio Mobile hacia el Google Earth y para una mayor exactitud se superpuso un mapa geopolítico del Ecuador teniendo como resultado la Figura 3.50.

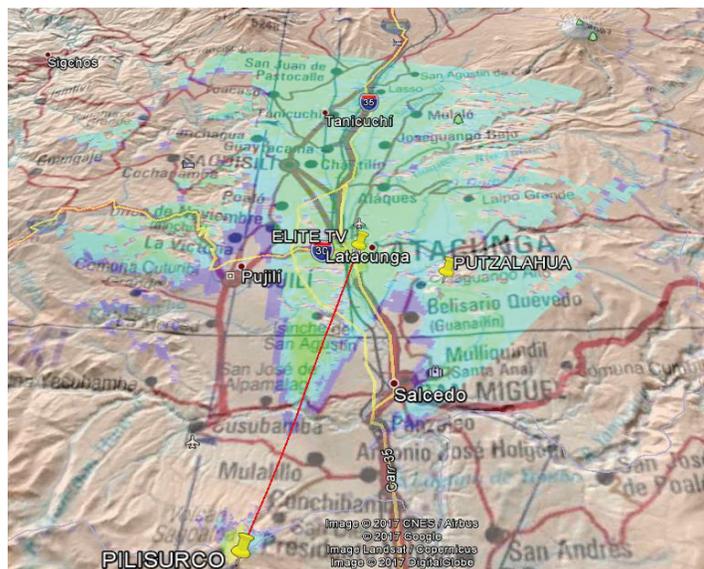


Figura 3.50 Cobertura Google Earth

Como resultado final se obtiene una cobertura de las ciudades de Latacunga, Salcedo, Saquisilí y Pujilí, principales cabeceras cantonales de la provincia de Cotopaxi; además se tiene las parroquias de Panzaleo, Belisario Quevedo, La Victoria, Poaló, Once de Noviembre, Guaytacama, Chanchagua, Chantilín, Tanicuchi, Toacaso, Pastocalle, Mulaló, Joseguango Bajo y Alaqués. Estos datos fueron tomados de la Figura 3.50.

Tabla 3.27 Población Cubierta [28]

<b>Cantones</b>	<b>Proyección población 2017</b>
Latacunga	113809
Pujilí	37554
Salcedo	35123
Saquisilí	15819
<b>Parroquias</b>	
Panzaleo	3875
Belisario Quevedo	7358
La Victoria	3388
Poaló	6606
Once de Noviembre	2300
Guaytacama	11187
Chanchagua	6438
Chantilín	1221
Tanicuchi	14847
Toacaso	8893
Pastocalle	13248
Mulaló	9367
Joseguango Bajo	3320
Alaqués	6342
<b>TOTAL</b>	<b>300.695</b>

En la Tabla 3.27 se observa el total de la población proyectada para el 2017 que será cubierta con el cambio de ubicación del transmisor de ELITE TV hacia el cerro Plisurco [28]. Actualmente se estaría transmitiendo a 113.809 habitantes en la ciudad de Latacunga; mediante el cambio de su transmisor se aumentará esta población en 164,21% dando como resultado 300.695 habitantes que serán cubiertos por la señal de ELITE TV.

### 3.7 Presupuesto estimado del enlace y transmisor

Se realizó la respectiva cotización en base a equipos de OMB por requerimientos del canal ELITE TV como se ha venido realizando durante todo el estudio para la migración a TV digital, el presupuesto necesario se evidencia en la Tabla 3.28.

Tabla 3.28 Cotización de equipos OMB [21]

<b>Cotización Enlace y Transmisor Aproximado</b>		
<b>Modelo</b>	<b>Marca</b>	<b>Precio</b>
Digital Microwave Radio Link	OMB	\$25,750.00
MOT 100 A	OMB	\$17,400.00
Otros	OMB	\$5,000.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$48,150.00</b>

Una ventaja de utilizar equipos OMB es que al ser compactos, integran sus componentes en un pequeño modulo y cuestan \$6,750.00 menos que los equipos de la Tabla 3.29 que fueron tomados de varias marcas que se ajustan a los parámetros del sistema.

Tabla 3.29 Cotización de equipos varias marcas

<b>Cotización Enlace y Transmisor Aproximado</b>		
<b>Modelo/Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Precio</b>
Enlace Microondas y Antena	Andrew	\$29,400.00
Transmisor isdb-tb	Serie Mier	\$20,500.00
Otros	Varias marcas	\$5,000.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$54,900.00</b>

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La reubicación del transmisor de ELITE TV ubicado en el Cerro Putzalahua hacia el Cerro Pilisurco se realiza para conseguir una cobertura mayor; por el momento se cubrirán las ciudades Latacunga, Salcedo, Saquisilí y Pujilí. Adicionalmente, se puede brindar cobertura a Ambato y sus alrededores realizando un nuevo estudio aplicado a estas zonas, mientras que con el transmisor en el Putzalahua se limita a cubrir la ciudad de Latacunga.
- El estudio del radio enlace ELITE TV – Pilisurco, teórico y simulado permite determinar la factibilidad del enlace, teniendo así la primera zona de Fresnel totalmente despejada, requisito fundamental para una óptima comunicación entre transmisor y receptor. Además, se debe tener una recepción relativa de -42,4 dBm o superior necesaria para cubrir el enlace de 25.1 Km y hacer viable el enlace, porque se tiene una sensibilidad en el receptor de -88dBm.
- Cuando se requiera realizar un estudio por línea de vista y propagación del transmisor se debe tomar en cuenta que los factores climáticos juegan un papel fundamental en la propagación tanto del enlace como del transmisor. De esta manera se disminuye la probabilidad de pérdidas que pueden reducir su factibilidad.
- Teóricamente se calcula que una vez implementado el sistema de transmisión digital, la población cubierta se incrementará de 113.809 a 300.695 habitantes, es decir, un incremento del 164,21%. Con lo cual el canal se vería beneficiado ya que puede obtener nuevos auspiciantes como a los habitantes de los cantones y parroquias a las que se brindará este servicio y tendrán acceso a un nuevo canal.
- En cuanto a costos de los equipos se tiene un valor aproximado de \$48,150.00 que cubre la infraestructura externa, el mismo es accesible tomando en cuenta los beneficios que aporta esta nueva tecnología, como una transmisión robusta, movilidad, interactividad, mejor calidad de imagen y sonido.

- El Radio Mobile es una herramienta de simulación para enlaces punto a punto y radiación del transmisor, que permite variar parámetros como frecuencia, polaridad, clima, entre otros. Ésto permite simular varios ambientes de pruebas que son fáciles de usar; y, además los resultados obtenidos son bastante aproximados a los valores calculados del enlace.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda la realización de un estudio de similares características en la zona de Tungurahua, puesto que la nueva localización del transmisor en el cerro Pilisurco facilita la cobertura para este lugar, de esta manera se beneficia a ELITE TV y a la población con mayor diversidad de contenidos.
- Después de la implementación de la TV digital es conveniente realizar un estudio de campo, en el que se implemente un repetidor (*gap filler*), que permita cubrir las zonas de sombra donde no existe cobertura, o su intensidad de campo sea inferior a 51 dBuV/m, generadas en su mayoría por irregularidades del terreno y edificaciones.
- Se recomienda trabajar con la Red de Frecuencia Única (SFN) por su ventaja de tener una sola frecuencia a nivel nacional, evitando confusión en los usuarios debido a que por cada zona geográfica o provincia se asigna una frecuencia diferente para transmitir.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agencia De Regulación Y Control De Las Telecomunicaciones, «Radiodifusión Sonora Y Televisión Abierta,» 01 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/radiodifusion-sonora-y-television-abierta-2/>. [Último acceso: 24 Febrero 2017].
- [2] Observatorio Latinoamericano De Regulación, Medios Y Convergencia, «OBSERVACOM,» 01 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.observacom.org/sitio/wp-content/uploads/2016/06/Ecuador-TDT-final.pdf>. [Último acceso: 24 Febrero 2017].
- [3] Instituto Nacional De Estadística Y Censos, «Resultados Del Censo 2010 De Población Y Vivienda En El Ecuador,» INEC, LATACUNGA, 2010.
- [4] J. B. F. R. D. D. "Carrillo Auquilla, Determinación De Parámetros Técnicos Para El Control De Calidad De La Señal De Televisión Digital Terrestre Con La Norma ISDB-Tb., 2014.
- [5] Asociación de Industrias y Empresas de Radio, «Reporte Técnico ARIB Características del ISDB-T,» 2011.
- [6] M. Z. C. M. Stella Chie, «Estándares Actuales De Televisión Digital,» 24 Mayo 2016. [En línea]. Available: [http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/05-Estandares\\_actuales\\_de\\_television\\_digital.pdf](http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/05-Estandares_actuales_de_television_digital.pdf). [Último acceso: 07 Abril 2017].
- [7] Agencia De Regulación Y Control De Las Telecomunicaciones, «Norma Técnica Para La Televisión Digital En El Ecuador,» 03 Septiembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/norma-television-digital-terrestre.pdf>. [Último acceso: 22 Enero 2017].
- [8] Asociación Brasileira De Normas Técnicas, Norma Brasileira ABNT NBR 15601, Rio De Janeiro: ABNT, 2007.
- [9] Á. V. S. Tene, Análisis de Cobertura del Sistema de Televisión Digital Terrestre para el Canal 47 en la Ciudad de Quito, Quito, 2013.

- [10] H. Furuta, «Tecnologías de transmisión del ISDB-Tb,» Digital Broadcasting Experts Group, 31 Julio 2009. [En línea]. Available: [http://www.dibeg.org/news/2009/0907Bolivia\\_ISDB-T\\_seminar/presentation3.pdf](http://www.dibeg.org/news/2009/0907Bolivia_ISDB-T_seminar/presentation3.pdf). [Último acceso: 09 Abril 2017].
- [11] M. H. G. Sergio Daniel Canchi, Arquitectura de Software para aplicaciones de publicidad interactivas en ISDB-Tb, usando Ginga-NCL y servicios web, Cordoba: Universidad Nacional De Cordoba, 2013.
- [12] J. E. S. D. Valeria Natalia Nieto Ruiz, Estudio técnico y económico para la implementacion práctica de un canal de televisión digital terrestre con estandar ISDB-T internacional en el Ecuador, Riobanba, 2012.
- [13] P. E. B. Freire, Elaboración De Un Proyecto De Norma Técnica Para El Servicio De Televisión Digital Terrestre, Para la Superintendencia De Telecomunicaciones, Quito, 2013.
- [14] W. Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, México: Pearson Edicación, 2003.
- [15] D. Alfaro, «SlideShare Ondas Electromagnéticas,» 27 06 2010. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/Cuartomedio2010/trabajos-de-fisica-ondas>. [Último acceso: 01 04 2017].
- [16] S. G. Vásquez, Elementos de sistemas de telecomunicaciones, Madrid: Paraninfo, 2015.
- [17] Software Radio Mobile, «Radio Mobile».
- [18] P. G. Garnacho, Manual Uso Radio Mobile, 2009.
- [19] D. J. Supo, Metodología dela investigación científica, 2012.
- [20] ELITE TV, «Inventario de infraestructura y documentacion,» Latacunga, 2016.
- [21] OMB Sistemas Electronicos S.A., «Enlaces de Microondas Analógicos,» OMB, 09 06 2014. [En línea]. Available: <http://www.omb.com/>. [Último acceso: 01 04 2017].
- [22] CONATEL, «INFORME CITDT-GATR-2012-005,» Quito, 2012.

- [23] Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión CONARTEL, «NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES,» 1995.
- [24] G. J. Kelvin Ponce, Proyectos de Televisión ESPOL, 2015.
- [25] ARCOTEL, «RESOLUCIÓN 072-04-CONATEL-2010,» 2010.
- [26] ARCOTEL, «RESOLUCIÓN No. SNT-2014-0283 "Normativa técnica de canalización de las bandas de frecuencias para enlaces auxiliares del servicio de radiodifusión con emisiones de televisión",» 2014.
- [27] Instituto nacional de meteorología e hidrología (INAMHI), «Climas del Ecuador,» Quito, 2006.
- [28] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, «Proyecciones Referenciales de Población a Nivel Cantonal - Parroquial,» 2013.
- [29] ARCOTEL Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (Área de Planificación del Espectro Radioeléctrico), Normas para la elaboración de proyectos de radiodifusión, Quito, 2012.
- [30] Ministerio De Telecomunicaciones y Sociedad De La Información, «Televisión Digital Terrestre En El Ecuador,» MINTEL, 23 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/television-digital-terrestre-en-el-ecuador/>. [Último acceso: 24 Febrero 2017].
- [31] N. O. Pisciotta, Sistema ISDB-Tb, Córdoba: Universidad Blas Pascal, 2010.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS SEPARADAS EN LIBROS, ESTÁNDARES Y NORMAS TÉCNICAS, TESIS, DOCUMENTOS E INTERNET.

## 1. Libros

[19] D. J. Supo, Metodología de la investigación científica, 2012.

[31] N. O. Pisciotta, Sistema ISDB-Tb, Córdova: Universidad Blas Pascal, 2010.

[18] P. G. Garnacho, Manual Uso Radio Mobile, 2009.

[16] S. G. Vásquez, Elementos de sistemas de telecomunicaciones, Madrid: Paraninfo, 2015.

[14] W. Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, México: Pearson Educación, 2003.

## 2. Estándares y Normas Técnicas

[7] Agencia De Regulación Y Control De Las Telecomunicaciones, «Norma Técnica Para La Televisión Digital En El Ecuador,» 03 Septiembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/norma-televisión-digital-terrestre.pdf>. [Último acceso: 22 Enero 2017].

[29] ARCOTEL Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (Área de Planificación del Espectro Radioeléctrico), Normas para la elaboración de proyectos de radiodifusión, Quito, 2012.

[25] ARCOTEL, «RESOLUCIÓN 072-04-CONATEL-2010,» 2010.

[26] ARCOTEL, «RESOLUCIÓN No. SNT-2014-0283 "Normativa técnica de canalización de las bandas de frecuencias para enlaces auxiliares del servicio de radiodifusión con emisiones de televisión",» 2014.

[8] Asociación Brasileira De Normas Técnicas, Norma Brasileira ABNT NBR 15601, Rio De Janeiro: ABNT, 2007.

[5] Asociación de Industrias y Empresas de Radio, «Reporte Técnico ARIB Características del ISDB-T,» 2011.

[22] CONATEL, «INFORME CITDT-GATR-2012-005,» Quito, 2012.

[23] Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión CONARTEL, «NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES,» 1995.

### **3. Tesis**

[9] Á. V. S. Tene, Análisis de Cobertura del Sistema de Televisión Digital Terrestre para el Canal 47 en la Ciudad de Quito, Quito, 2013.

[24] G. J. Kelvin Ponce, Proyectos de Televisión ESPOL, 2015.

[4] J. B. F. R. D. D. "Carrillo Auquilla, Determinación De Parámetros Técnicos Para El Control De Calidad De La Señal De Televisión Digital Terrestre Con La Norma ISDB-Tb., 2014.

[12] J. E. S. D. Valeria Natalia Nieto Ruiz, Estudio técnico y económico para la implementación práctica de un canal de televisión digital terrestre con estándar ISDB-T internacional en el Ecuador, Riobamba, 2012.

[11] M. H. G. Sergio Daniel Canchi, Arquitectura de Software para aplicaciones de publicidad interactivas en ISDB-Tb, usando Ginga-NCL y servicios web, Córdoba: Universidad Nacional De Córdoba, 2013.

[6] M. Z. C. M. Stella Chie, «Estándares Actuales De Televisión Digital,» 24 Mayo 2016. [En línea]. Available: [http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/05-Estandares\\_actuales\\_de\\_television\\_digital.pdf](http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/05-Estandares_actuales_de_television_digital.pdf). [Último acceso: 07 Abril 2017].

[13] P. E. B. Freire, Elaboración De Un Proyecto De Norma Técnica Para El Servicio De Televisión Digital Terrestre, Para la Superintendencia De Telecomunicaciones, Quito, 2013.

### **4. Documentos**

[20] ELITE TV, «Inventario de infraestructura y documentación,» Latacunga, 2016.

[10] H. Furuta, «Tecnologías de transmisión del ISDB-Tb,» Digital Broadcasting Experts Group, 31 Julio 2009. [En línea]. Available: [http://www.dibeg.org/news/2009/0907Bolivia\\_ISDB-T\\_seminar/presentation3.pdf](http://www.dibeg.org/news/2009/0907Bolivia_ISDB-T_seminar/presentation3.pdf). [Último acceso: 09 Abril 2017].

[3] Instituto Nacional De Estadística Y Censos, «Resultados Del Censo 2010 De Población Y Vivienda En El Ecuador,» INEC, LATACUNGA, 2010.

[27] Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología (INAMHI), «Climas del Ecuador,» Quito, 2006.

[28] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, «Proyecciones Referenciales de Población a Nivel Cantonal - Parroquial,» 2013.

## **5. Internet**

[1] Agencia De Regulación Y Control De Las Telecomunicaciones, «Radiodifusión Sonora Y Televisión Abierta,» 01 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/radiodifusion-sonora-y-television-abierta-2/>. [Último acceso: 24 Febrero 2017].

[15] D. Alfaro, «SlideShare Ondas Electromagnéticas,» 27 06 2010. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/Cuartomedio2010/trabajos-de-fisica-ondas>. [Último acceso: 01 04 2017].

[30] Ministerio De Telecomunicaciones y Sociedad De La Información, «Televisión Digital Terrestre En El Ecuador,» MINTEL, 23 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/television-digital-terrestre-en-el-ecuador/>. [Último acceso: 24 Febrero 2017].

[2] Observatorio Latinoamericano De Regulación, Medios Y Convergencia, «OBSERVACOM,» 01 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.observacom.org/sitio/wp-content/uploads/2016/06/Ecuador-TDT-final.pdf>. [Último acceso: 24 Febrero 2017].

[21] OMB Sistemas Electronicos S.A., «Enlaces de Microondas Analógicos,» OMB, 09 06 2014. [En línea]. Available: <http://www.omb.com/>. [Último acceso: 01 04 2017].

[17] Software Radio Mobile, «Radio Mobile».

# **ANEXOS**

# **Anexo I**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL RADIO ANALÓGICO**

## MODULADOR PARA ENLACE DE MICROONDAS ANALÓGICO MOD 70

El modulador de OMB MOD 70 es parte del sistema de modulación-demodulación de televisión, que posibilita transmitir 1 señal de vídeo y 2 de audio sobre un trazado de microondas (con los correspondientes up/down converters). La señal de salida de 70MHz va acompañada de la tensión para alimentar el módulo down converter.



### CARACTERÍSTICAS GENERALES

CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN	1 vídeo más 2 audios
SALIDA DE FI	70MHz
NIVEL DE ENTRADA/SALIDA EN FI	0dBm ±5dB
IMPEDANCIA EN FI	50Ω
NIVEL DE ENTRADA DE AUDIO	+9dBm máximo
IMPEDANCIA DE ENTRADA DE AUDIO	600Ω desbalanceada
CONECTOR DE ENTRADA DE AUDIO	XLR(H)
FRECUENCIA DE SUPORTADORAS DE AUDIO	7.02, 7.5MHz
MODULACIÓN DE SUPORTADORAS DE AUDIO	±300KHz
MODULACIÓN DE AUDIO	±75KHz
NIVEL DE SALIDA DE VÍDEO	1Vpp
IMPEDANCIA DE SALIDA DE VÍDEO	75Ω
ROE DE SALIDA DE VÍDEO	<-30dB
PRE-ÉNFASIS DE VÍDEO	CCIR (Rec. 405-1)
MODULACIÓN DE VÍDEO	±4MHz
NIVEL DE SALIDA DE AUDIO	+9dBm máximo
IMPEDANCIA DE SALIDA DE AUDIO	600Ω desbalanceada
CONECTOR DE SALIDA DE AUDIO	XLR(H)
CONECTOR DE SALIDA DE VÍDEO	BNC(H)
CONECTOR DE SALIDA DE RF	N(H)
ALIMENTACIÓN	Fuente conmutada
DIMENSIONES	2 unidades de rack estándar de 19"
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	-5 a +45°C

\* Las imágenes y/o características técnicas pueden sufrir modificaciones de poca entidad.

# **Anexo II**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL RADIO DIGITAL**

## ENLACE DE MICROONDAS DIGITAL

### PARAMETROS DEL SISTEMA

<b>FRECUENCIA</b>	4GHz	5GHz	6GHz	7/8GHz	10GHz	11GH	13GHz
<b>FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO (GHz)</b>	3.6-4.2	4.4-5	5.9-7.1	7.1-8.5	10-10.7	10.7-11.7	12.75-13.25
<b>POTENCIA TX (dBm)</b>	SP/HP	SP/HP	SP/HP	SP/HP	SP/HP	SP/HP	SP/HP
<b>QPSK</b>	+27/+32	+27/+32	+27/+32	+27/+32	+26/+31	+26/+31	+26/+31
<b>16, 32, 64QAM</b>	+24/+29	+24/+29	+24/+29	+24/+29	+23/+28	+23/+28	+23/+28
<b>128QAM</b>	+22/+27	+22/+27	+22/+27	+22/+27	+21/+26	+21/+26	+21/+26
<b>256QAM</b>	+20/+25	+20/+25	+20/+25	+20/+25	+19/+24	+19/+24	+19/+24
<b>SENSIBILIDAD RX (dBm) 10<sup>-6</sup>BER</b>							
<b>QPSK (28/56MHz)</b>	-88/-85	-88/-85	-88/-85	-88/-85	-88/-85	-88/-85	-88/-85
<b>32QAM (28/56MHz)</b>	-78/-74	-78/-74	-78/-74	-78/-74	-78/-74	-78/-74	-78/-74
<b>128QAM (28/56MHz)</b>	-72/-68	-72/-68	-72/-68	-72/-68	-72/-68	-72/-68	-72/-68
<b>256QAM (28/56MHz)</b>	-70/-66	-70/-66	-70/-66	-70/-66	-70/-66	-70/-66	-70/-66
<b>INTERFAZ PUERTO ANTENA</b>	N	N	UDR70	UDR84	UBR100	UBR100	CIRC WB
<b>FRECUENCIA</b>	15GHz	17GHz UL	18GHz	23GHz	24GHz UL	26GHz	38GHz
<b>FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO (GHz)</b>	14.4-15.35	17.1-17.3	17.7-19.7	21.2-23.6	24-24.25	24.55-26.45	37-39.5
<b>POTENCIA TX (dBm)</b>	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP
<b>QPSK</b>	+25	+13	+23	+22	+10	+23	+18
<b>16, 32, 64QAM</b>	+22	+10	+20	+19	+7	+20	+15
<b>128QAM</b>	+20	+8	+18	+17	+5	+18	+13
<b>256QAM</b>	+18	+6	+16	+15	+3	+16	+11
<b>SENSIBILIDAD RX (dBm) 10<sup>-6</sup>BER</b>							
<b>QPSK (28/56MHz)</b>	-88/-85	-87/-84	-87/-84	-87/-84	-87/-84	-87/-84	-86/-83
<b>32QAM (28/56MHz)</b>	-78/-74	-77/-73	-77/-73	-77/-73	-77/-73	-77/-73	-76/-72
<b>128QAM (28/56MHz)</b>	-72/-68	-71/-67	-71/-67	-71/-67	-71/-67	-71/-67	-69/-65
<b>256QAM (28/56MHz)</b>	-70/-66	-69/-65	-69/-65	-69/-65	-69/-65	-69/-65	-67/-63
<b>INTERFAZ PUERTO ANTENA</b>	CIRCULAR WB						
<b>CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES</b>	RADIO ETSI EN 302 217, EN 301 216, EN 301 128, EN 300 198 FUENTE ALIMENTACIÓN ETSI EN 300 132-2 EMC/SEGURIDAD ETSI EN 301 489/IEC EN 60950						

# **Anexo III**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ANTENA - TRANSMISOR**

## MOT 100 A

El modulador de TV digital **MOT 100 A** se puede utilizar como transmisor analógico y digital. Tiene una potencia de salida analógica de 100W ps, una potencia digital de 50W rms en DVB-T/T2 e ISDBT-TB, y de 80W rms en ATSC. Puede ser configurado con varias interfaces de entrada, y es apto para los estándares DVB-T/H, DVB-T2, ISDB-T/TB y ATSC, además de PAL y NTSC en su versión analógica. Incluye precorrección adaptativa y receptor GPS de alta precisión para redes SFN.



### PRINCIPALES VENTAJAS

- Amplificadores de banda ancha de alta eficiencia.
- Compatible con las modulaciones PAL, NTSC, DVB-T/H, DVB-T2, ISDB-T/TB y ATSC.
- Con Re-Multiplexer/BTS adapter y layer combiner para el estándar ISDB-TB.
- Precorrección adaptativa.
- Función de receptor GPS de alta estabilidad.
- Interfaces de entrada flexibles.
- SNMP, interfaz web y pantalla táctil.

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

<b>POTENCIA DE SALIDA ANALÓGICA</b>	100W ps
<b>POTENCIA DE SALIDA DIGITAL DVB-T/T2, ISDBT-TB</b>	50W rms
<b>POTENCIA DE SALIDA DIGITAL ATSC</b>	80W rms
<b>RANGO DE FRECUENCIA ÁGIL</b>	Bandas III- IV-V
<b>RESOLUCIÓN DE FRECUENCIA</b>	1Hz
<b>CONECTOR DE SALIDA RF</b>	N(H), 50 Ohm
<b>ALIMENTACIÓN</b>	Monofásica 100-240V, 50/60Hz
<b>CONSUMO MÁXIMO</b>	200W
<b>DIMENSIONES</b>	Una unidad de rack estándar de 19"
<b>CONTROL</b>	Pantalla táctil TFT, interfaz web, SNMP y GPIO
<b>TEMPERATURA OPERATIVA</b>	-5 a 40°C
<b>HUMEDAD RELATIVA MÁXIMA</b>	90% sin condensación

**MODULADOR**

<b>DVB-T/-H/-T2</b>	
<b>NORMA</b>	EN300744, EN302304, EN302755, TS101191, TS102773 (T2-MI), TS102034
<b>ENTRADAS</b>	4xASI BNC(H), 75 Ohm o 2x ASI BNC(H), 75 Ohm y 2xRJ45 TS oIP 10/100/1000 Switch seamless entre entradas ASI Jerárquica y no jerárquica (DVB-T)
<b>FFT</b>	1K (DVB-T2), 2K, 4K, 8K, 8K ext. (DVB-T2), 16K & 16K ext. (DVB-T2), 32K & 32K ext. (DVB-T2)
<b>CODE RATE</b>	Todas las modalidades disponibles según el estándar Block Short o Normal (DVB-T2) DVB-T: Reed-Solomon (204, 188) DVB-T2: BCH, LDPC
<b>INTERVALO DE GUARDA</b>	1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 19/256 (DVB-T2), 19/128 (DVB-T2), 1/128 (DVB-T2)
<b>CONSTELACIÓN</b>	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM (DVB-T2). Rotadas y no rotadas (DVB-T2)
<b>MISO PROCESSING</b>	Compatible
<b>ISDB-TB</b>	
<b>NORMA</b>	ABNT NBR 15601, ABNT NBR 15603
<b>ENTRADAS</b>	4xASI TS/BTS BNC (H), 75 Ohm o 2x ASI TS/BTS BNC (H), 75 Ohm y 2xRJ45 TS/BTS oIP 10/100/1000
<b>FFT</b>	Modo 1 (2K), Modo 2 (4K), Modo 3 (8K)
<b>CODE RATE</b>	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
<b>INTERVALO DE GUARDA</b>	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
<b>MODULACIÓN JERÁRQUICA</b>	Hasta 3 niveles
<b>CONSTELACIÓN</b>	QPSK, 16QAM, 64QAM
<b>TIME INTERLEAVER</b>	Compatible
<b>RECEPCIÓN PARCIAL</b>	Compatible
<b>ATSC</b>	
<b>NORMA</b>	A/53, A/110
<b>ENTRADAS</b>	4xASI / SMPTE-310M BNC(H), 75Ohm o 2xASI / SMPTE-310M BNC(H), 75Ohm y 2xRJ45 TS oIP 10/100/1000
<b>MODULACIÓN</b>	8-VSB
<b>ENTRADA DE BIT RATE</b>	19.39Mbits/s
<b>ANCHO DE BANDA</b>	6MHz
<b>RETARDO MÁXIMO DE PROCESAMIENTO</b>	Hasta 1 segundo (programable)

## PANEL DE TV UHF PD 2000

El panel **PD 2000** es una antena de banda ancha que cubre las bandas IV y V. Con sus 2KW de potencia puede utilizarse de manera individual o en conjunto de varios paneles para obtener mayor potencia. Está diseñado para transmitir TV digital, múltiples portadoras y servicios de TV de alta definición. Consta de dos dipolos dobles y reflector de acero inoxidable, protegidos por un radomo de poliéster y fibra de vidrio.



### PRINCIPALES VENTAJAS

- No necesita ajuste.
- Posee una excelente relación delante-atrás.
- Requiere muy bajo mantenimiento por su robusta fabricación con dipolos dobles y reflector de acero inoxidable.
- Consta de protección a tierra contra descargas eléctricas.

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

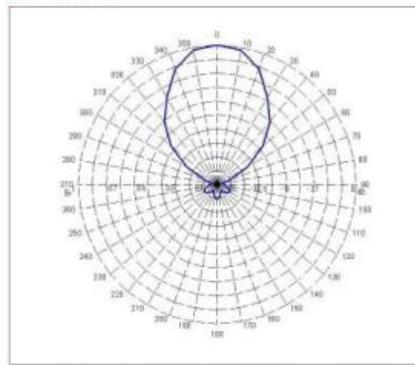
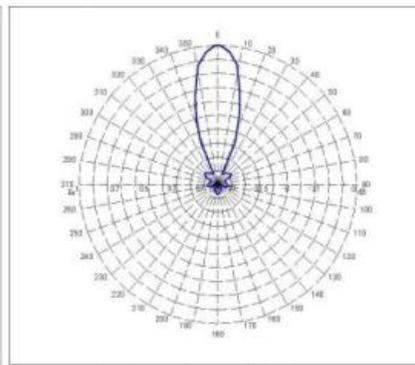
<b>RANGO DE FRECUENCIA</b>	470-890MHz
<b>GANANCIA</b>	13dBi
<b>3dB BEAM WIDTH</b>	Plano E: 62°, Plano H: 28°
<b>POLARIZACIÓN</b>	Horizontal
<b>IMPEDANCIA</b>	50 Ohm
<b>VSWR</b>	≤1.10:1 (<-26dB return loss)
<b>MÁXIMA POTENCIA HANDLING PEAK SYNC</b>	2KW
<b>MÁXIMA POTENCIA HANDLING RMS</b>	1.5KWrms
<b>CONECTOR</b>	7/16"(H)
<b>DIMENSIONES</b>	482.6x203.2x965.2mm
<b>VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO</b>	200km/h, 124M/h
<b>CALGA AL VIENTO (FRONTAL)</b>	740NW

<b>CARGA AL VIENTO (LATERAL)</b>	370NW
<b>PESO</b>	15.8Kg
<b>ESPACIO VERTICAL</b>	1000mm
<b>ATERRAMIENTO</b>	DC grounding
<b>RANGO DE TEMPERATURA</b>	-30 a 70°C
<b>HUMEDAD</b>	100%

**SISTEMAS DISPONIBLES**

MODELO	Nº ANTENAS	GANANCIA (dBi)	CNC ENTRADA	POTENCIA MÁX.
PD 2000	1	13	7/16"(H)	2KW
PD 2000 2	2	15.9	N(H)	500W
PD 2000 2R	2	15.9	EIA 7/8"(H)	3KW
PD 2000 3	3	18.7	N(H)	500W
PD 2000 3R	3	18.7	EIA 7/8"(H)	3KW
PD 2000 4	4	20.5	7/16"(H)	1KW
PD 2000 4R	4	20.5	EIA 7/8"(H)	3KW

*\*Otras configuraciones disponibles.*


**PANEL DE TV PD 2000**

**DIAGRAMA DE RADIACIÓN HORIZONTAL**

**DIAGRAMA DE RADIACIÓN VERTICAL**

*\* Las imágenes y/o características técnicas pueden sufrir modificaciones sin previo aviso.*

# **Anexo IV**

**CONCESIÓN DE FRECUENCIA ETITE TV**

## RADIODIFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN ABIERTA

Categoría: Infraestructura

Listado completo de estaciones de radiodifusión sonora y televisión abierta a nivel nacional

Provincia	Categoría	Concesionario	Representante Legal
COTOPAXI	TELEVISION ABIERTA	TORO VITERI GUIDO HERNANDO	TORO VITERI GUIDO HERNANDO

Nombre Estación	Frecuencia	Tipo	Area Servida	Ancho De Banda	Indicativo	Enlace	Frecuencia Enlace	Ciudad Estudio
ELITE TV	45	M	LATACUNGA	6	HCLC	RADIOEL	12760	LATACUNGA



Agencia de  
Regulación y Control  
de las Telecomunicaciones

Ancho De Banda	Indicativo	Enlace	Frecuencia Enlace	Ciudad Estudio	Clase	N. Canales	N. Clientes	N. Estaciones	P.E.R.
6	HCLC	RADIOEL	12760	LATACUNGA	COMERCIAL PRIVADA	-	-	-	8609,94