

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TEMA:**

Estudio de factibilidad técnica para la cobertura de la zona sombra  
Televisión Digital Terrestre (TDT) aplicado en el sector de los Ceibos

**AUTOR:**

Vistín Ortiz, Jefferson Rigoberto

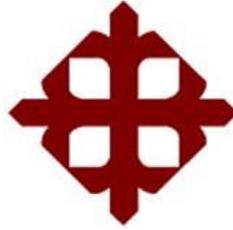
Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de **INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES**

**TUTOR:**

M. SC. Bayardo Celso, Bohórquez Escobar

Guayaquil, Ecuador

7 de marzo del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Vistin Ortiz, Jefferson Rigoberto**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**TUTOR**

---

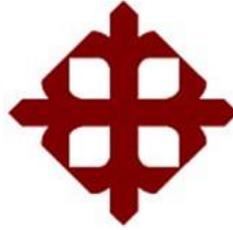
M.SC. Bayardo Celso, Bohórquez Escobar

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

M. SC. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 7 días del mes de marzo del año 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Vistin Ortiz, Jefferson Rigoberto**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **Estudio de factibilidad técnica para la cobertura de la zona sombra Televisión Digital Terrestre (TDT) aplicado en el sector de los Ceibos**, previo a la obtención del Título de Ingeniería en Telecomunicaciones, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

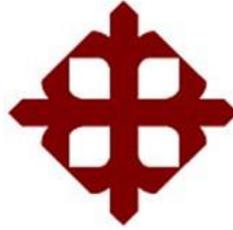
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 7 días del mes de marzo del año 2022

**EL AUTOR**

---

VISTIN ORTIZ, JEFFERSON RIGOBERTO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Vistin Ortiz, Jefferson Rigoberto**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Estudio de factibilidad técnica para la cobertura de la zona sombra Televisión Digital Terrestre (TDT) aplicado en el sector de los Ceibos cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 7 días del mes de marzo del año 2022

**EL AUTOR**

---

VISTIN ORTIZ, JEFFERSON RIGOBERTO

# REPORTE URKUND

URKUND

Orlando Philco Asqui (orlando.philco)

Documento: [Vistin\\_Jefferson\\_TT\\_revisado\\_1.docx](#) (D129153979)

Presentado: 2022-03-01 10:59 (-05:00)

Presentado por: orlandophilco07@gmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.urkund.com

Mensaje: Fwd: urkun [Mostrar el mensaje completo](#)

0% de estas 32 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo	
	<a href="#">Jefferson Vistin tesis final.docx</a>	
88%	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL	
88%	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL	
88%	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL	

1 Advertencias. Reiniciar. Compartir

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Estudio de factibilidad técnica para la cobertura de la zona sombra Televisión Digital Terrestre (TDT) aplicado en el sector de los Celbos

AUTOR: Vistin Ortiz, Jefferson Rigoberto

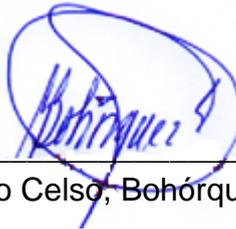
Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: Msc. Bayardo Bohórquez Escobar

Guayaquil, Ecuador Fecha

24

TUTOR



M.SC. Bayardo Celso, Bohórquez Escobar

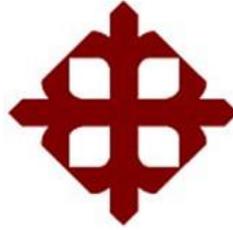
## DEDICATORIA

A mis Padres por ser mis mejores consejeros y ejemplo a seguir. Este Trabajo de Titulación todos mis logros será gracias a sus fortalezas, virtudes y valores inculcados en mí. Madre hoy que no estás sigues siendo mi pilar para continuar adelante. También dedico este logro a mis razones de superación y existir mis hijos Melissa, Melanie y Jefferson; a ti esposa querida, Marielita, te agradezco y dedico este trabajo.... Con amor, hijo, hermano, esposo y padre. Jefferson Vistin.

## **AGRADECIMIENTO**

Este Trabajo de Titulación no hubiera sido posible sin la gentil e incondicional enseñanza y ayuda de los distinguidos docentes de la UCSG, a mi querida familia que me ha inspirado a seguir a pesar de las dificultades; a mis hermanos por su aliento en seguir superándome, a todos los que conforman la Facultad Técnica para el Desarrollo.

A todos ustedes, mi profundo y eterno agradecimiento



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**M. SC. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS**  
DECANO

---

**M. SC. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**  
COORDINADOR DEL ÁREA

---

**M.SC. ROMERO ROSERO, CARLOS BOLIVAR**  
OPONENTE

## Índice General

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT .....	XVI

### CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN. 2

1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA. ....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. ....	3
1.5. OBJETIVOS. ....	3
1.5.1. Objetivo General. ....	3
1.5.2. Objetivos Específicos .....	3
1.6. HIPÓTESIS. ....	4
1.7. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	4

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....5

2.1. COMPARACIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE Y TELEVISIÓN ANALÓGICA .....	5
2.2. BENEFICIOS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	6
2.2.1. Optimización de la señal de transmisión .....	7
2.2.2. Calidad de imagen y sonido .....	8
2.2.3. Interacción.....	8
2.2.4. Movilidad.....	9
2.2.5. Desventajas de la Televisión Digital Terrestre .....	9
2.3. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE .....	10
2.3.1. Estándar estadounidense ATSC (Advanced Television Systems Committee).....	11
2.3.2. Estándar europeo DVB .....	11
2.3.3. Estándar japonés ISDB-T ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) .....	12

2.3.4. Estándar chino DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) .	14
2.3.5. Comparación de estándares de sistema TDT.....	14
2.4. TIPOS DE POTENCIA.....	16
2.5. TIPOS DE MODULACIÓN TDT .....	28
2.5.1. Modulación QAM.....	28
2.5.2. Multiplicación por División de Frecuencia Codificada (COFDM) ...	28
2.5.3. Transmisor COFDM .....	29
2.5.4. Características de COFDM y OFDM .....	30
2.5.5. Diagramas de Constelación .....	31
2.5.6. Características de operación con frecuencia única .....	32
2.5.7. Modulación OFDM .....	33
2.6. PARÁMETROS DE LAS MEDICIONES.....	34
2.7. EL DIAGRAMA DE CONSTELACIÓN.....	37
2.8. INTERPRETACIÓN DEL DIAGRAMA .....	38
CAPÍTULO III: ESTUDIO TÉCNICO PARA LA COBERTURA DE LA ZONA SOMBRA EN EL SECTOR DE LOS CEIBOS.....	39
3.1. SISTEMA DE SIMULACIÓN DE RADIO ENLACE RADIOMOBILE.....	39
3.2. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CAMPO.....	41
3.3. LÍNEA DE VISTA CERRO DEL CARMEN – CEIBOS .....	42
3.4. ANÁLISIS DE POSIBLES PUNTOS DE REPETIDORAS .....	42
3.4.1. Repetidora sector Cumbres Alto en el edificio del mismo nombre	43
3.4.2. Viabilidad de Línea de Vista entre el Cerro del Carmen, Edificio Cumbres Alto y Sector de los Ceibos .....	44
3.4.3. Repetidora Gap Filler en el Cerro Azul .....	44
3.4.4. Viabilidad de Línea de Vista entre el Cerro del Carmen, Cerro Azul y los Ceibos.....	45
3.5. PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS .....	47
3.6. ANÁLISIS DE LAS DOS PROPUESTAS DE FACTIBILIDAD. ....	48
CONCLUSIONES .....	49

RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	51
GLOSARIO DE SIGLAS .....	53
ANEXO 1.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 2:

Figura 2. 1: Estándar de Transmisión de Televisión Digital.....	6
Figura 2. 2: Optimización del espectro radioeléctrico .....	7
Figura 2. 3: Movilidad – Portabilidad .....	9
Figura 2. 4: Estándar Mundial de televisión digital .....	10
Figura 2. 5: Modelo de Transmisión de Televisión Digital Terrestre .....	11
Figura 2. 6: Arquitectura general de un sistema DVB-T2 .....	12
Figura 2. 7: Diagrama de bloques de codificación ISDB-T .....	13
Figura 2. 8: Diagrama del sistema de transmisión del estándar DTMB .....	14
Figura 2. 9: Multipath fading .....	20
Figura 2. 10: Delay spread.....	20
Figura 2. 11: Selective fading .....	21
Figura 2. 12: Interferencia entre portadoras .....	22
Figura 2. 13: Generación de ICI.....	22
Figura 2. 14: Transformada de Fourier de pulso rectangular .....	24
Figura 2. 15: Espectro de subcanal y arreglo de subcanales .....	25
Figura 2. 16: Espectro OFDM .....	25
Figura 2. 17: Multiportadora tradicional y OFDM.....	26
Figura 2. 18: Modulador demodulador OFDM.....	27

### Capítulo 3:

Figura 3. 1: Imagen del trayecto Cerro del Carmen – Ceibos (RadioMobile)	40
Figura 3. 2: Trayecto Cerro del Carmen – Ceibos.....	40
Figura 3. 3: Sector de los Ceibos entre 2 cerros .....	41
Figura 3. 4: Obstrucción vista por el software RadioMobile.....	42
Figura 3. 5:Tramo Cerro del Carmen-Edificio- Ceibos .....	43
Figura 3. 6: Tramo Cerro del Carmen-Edificio- Ceibos vista desde el Simulador	

.....	43
Figura 3. 7: Tramo Cerro del Carmen – Edificio Cumbres Alto desde el Simulador .....	44
Figura 3. 8: Tramo Edificio Cumbres Alto - Ceibos desde el Simulador .....	44
Figura 3. 9: Tramo Cerro Del Carmen-Cerro Azul-Ceibos.....	45
Figura 3. 10:Tramo Cerro Del Carmen-Cerro Azul-Ceibos desde el Simulador .....	45
Figura 3. 11: Línea de Vista Cerro del Carmen – Cerro Azul desde el Simulador .....	46
Figura 3. 12: Línea de Vista Cerro Azul-Los Ceibos desde el Simulador .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

### Capítulo 2:

Tabla 2. 1: Comparación de los estándares de televisión digital .....	15
---	----

### Capítulo 3:

Tabla 3. 1: Bandas de frecuencia TDT.....	39
Tabla 3. 2: Coordenadas entre Cerro del Carmen – Ceibos .....	40
Tabla 3. 3: Características de la antena del Cerro del Carmen.....	41
Tabla 3. 4: Valores de propagación Cerro del Carmen – Ceibos .....	42
Tabla 3. 5: Referencias de origen y destino del trayecto Cerro del Carmen - Ceibos .....	47
Tabla 3. 6: Parámetros de equipo de transmisión .....	47
Tabla 3. 7: Parámetros del gap-filler .....	48

## RESUMEN

El presente Trabajo de Titulación tiene como finalidad la elaboración de un estudio sobre la factibilidad técnica para la extensión de señal Televisión Digital Terrestre (TDT) de la zona sombra que está ubicada geográficamente en el sector de Los Ceibos de la ciudad de Guayaquil, para ello se recopilara la información en la medición de cobertura de propagación de una señal referenciando los parámetros de los transmisores ubicados en el “Cerro del Carmen” con la finalidad de presentar un propuesta de intervención de un esquema de Red de Frecuencia Única para la instalación de gap filler y lograr la cobertura total en el área en estudio. El trabajo se orienta a que con el análisis técnico se demostrara la factibilidad y beneficio con respecto a la cobertura de los canales de televisión en el sector en análisis. Para cumplir con los objetivos se utilizará una metodología descriptiva, no experimental y analítica-sintética con enfoque cuantitativa y cualitativa. Los beneficiarios del producto de este trabajo de fin de grado será la comunidad académica y los usuarios de la TDT, ya que tendrán a su disposición para futuras consultas bibliográficas. Con estos parámetros se espera cubrir la necesidad de obtener una cobertura óptima de la señal de televisión digital terrestre (TDT) eliminando las zonas sombras en el área de los Ceibos

**palabras claves:** zona sombra, TDT, gap filler, frecuencia única, factibilidad técnica, transmisores.

## ABSTRACT

The purpose of this titling work is to prepare a study on the technical feasibility for the extension of DTT signal due to the shadow areas that are geographically located in the Los Ceibos sector of the city of Guayaquil, for this the information will be collected in the measurement of propagation coverage of a DTT signal referencing the parameters of the transmitters found in Cerro del Carmen in order to present a proposal for intervention of a Single Frequency Network scheme for the installation of gap filler and achieve total coverage in the study area. The work is oriented so that the technical analysis will demonstrate the feasibility and benefit with respect to the coverage of the channel in the sector under analysis. To meet the objectives, a descriptive, non-experimental and analytical-synthetic methodology with a quantitative and qualitative approach will be used. The beneficiaries of the product of this final degree project will be the University, the community and the actors of the academy, since they will have at their disposal for future bibliographic consultations. With these parameters it is expected to cover the need to obtain an optimal coverage of the digital DTT signal eliminating the shadow areas in the Ceibos area.

**keywords:** shadow area , TDT,gap filler, single frequency, technical feasibility, transmitters.

## **Capítulo I: Descripción General del Trabajo de Titulación.**

En este capítulo se presenta una imagen general del trabajo de análisis y factibilidad a desarrollarse, estableciéndose su alcance, la definición del problema, su objetivo general, específicos y la hipótesis a demostrar en este trabajo.

### **1.1. Introducción.**

El presente trabajo de investigación comprende un estudio de factibilidad técnica de la zona sombra para la transmisión aplicado en el sector de Los Ceibos de coordenadas, y por lo tanto la propuesta para la implementación de la extensión de la señal en esa zona.

La antena emisora de la señal está ubicada en las coordenadas (02° 10´ 47,43" S, 79° 52´ 55,15" W) en el "Cerro del Carmen" y aprovecha potencialidades que ofrece la transmisión (televisión) digital terrestre (tdt) determinar los sitios mejores en que sea posible ubicar el equipo repetidor, con el propósito de llegar a los destinatarios, con altos estándares de calidad, dando cumplimiento a lo establecido en las normativas, a garantizando una óptima cobertura, en este caso en un sector en específico .la "cobertura completa" tomando en cuenta a los fragmentos sociales ubicados en los sectores marginales de la ciudad de Guayaquil, quienes debido a sus condiciones socioeconómicas se les presta una atención en base a una prioridad baja.

### **1.2. Antecedentes.**

De la información recopilada en la etapa investigativa de este trabajo la "recepción de la señal de televisión abierta en las coordenadas de Guayaquil", es de mala calidad o no llega al usuario, estos sectores son llamados "zonas de sombra". Existe una gran población ubicada en las zonas de sombras, por lo que es necesario encontrar una solución factible a esta problemática y con el paso de la transmisión televisiva abierta analógica a la señal digital abierta. A través de la "Resolución No. 084-05-CONATEL-2010" de fecha marzo 25 de 2010, en la que se considera en estándar brasileño-japones ISBB-TB.

(Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, 2010).

A partir de las mediciones realizadas y por observación en los receptores se determina la mala calidad o nula recepción en el área comprendida la zona de los Ceibos debido a que no existe línea de vista entre las antenas emisoras y los aparatos receptores por lo que es necesario la instalación de antenas repetidoras en esa zona.

### **1.3. Definición del Problema.**

La necesidad de obtener una buena cobertura en la señal digital eliminando las zonas sombras en el área de los Ceibos.

### **1.4. Justificación del Problema.**

Esta propuesta de este estudio de factibilidad proyecto es brindar un servicio gratuito y de buena calidad a los receptores de esta forma explotar las bondades que nos brinda esta tecnología.

### **1.5. Objetivos.**

#### **1.5.1. Objetivo General.**

Elaborar un estudio de factibilidad técnica para las implementaciones en la extensión de la señal de televisión digital terrestre (TDT) debido a las zonas sombra en el área de los Ceibos.

#### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros técnicos para la cobertura de la señal en el sector “los Ceibos”;
- Elaborar el estudio zonas sombra mediante la recopilación de información en la medición de la recepción de la programación de una señal televisiva digital terrestre (TDT) a partir de los aparatos emisores ubicados y funcionando en el “Cerro del Carmen”;
- Recopilar datos y recursos tecnológicos para la realización de las mediciones en un bosquejo de red de frecuencia única, que garantice una señal de óptima calidad en el sector “Los Ceibos”.

## **1.6. Hipótesis.**

Mediante el presente análisis técnico se podrá determinar la factibilidad, beneficio para la propuesta de la cobertura del canal específico en el sector de los ceibos.

## **1.7. Metodología de Investigación.**

- Descriptiva: Se describe y explica puntualmente los hechos de acuerdo con la consideración del problema en el área a estudiar, esto es el efecto de zona sombra, los hechos son las mediciones realizadas y la observación de acuerdo a la mala o pésima cobertura de los receptores, en la zona conocida como los Ceibos de la ciudad de Guayaquil.
- Cuantitativa: De acuerdo a las mediciones y el procesamiento de la información se utilizará un modelo cuantitativo cuyo propositivo es explicar utilizando valores numéricos utilizando el método científico.
- Cualitativa: También se utilizará el método cualitativo pues se considerará las opiniones recopiladas de usuarios y personal involucrado en los hechos descritos.
- No Experimental: No son alteradas las variables presentadas que son medidas en el diseño de la red del proyecto presentado, es decir se recopilara la información y no se cambiaran sin que exista algún experimento.
- Analítica-Sintética: Se realiza el estudio y factibilidad con el fin de brindar y señal de buena calidad en el cual se presenta un análisis de los factores que inciden con el fin de brindar una óptima señal y evadir la zona sombra.

## Capítulo II: Marco Teórico

En este capítulo se realiza el estudio de la televisión digital terrestre (TDT) y las bondades representativas con respecto a la televisión analógica.

### 2.1. Comparación de Televisión Digital Terrestre y Televisión Analógica

La televisión analógica es la que las cualificaciones de imagen y sonido están enmarcadas por dimensiones de señal eléctrica, en donde varían de manera continua a lo contrario que ocurre con la televisión digital donde esta representados por valores discretos o discontinuos.

El inconveniente principal de la televisión analógica debido a que la señal de video se modifica muy poco en el cambio de un dispositivo de imagen (pixel) a los adyacentes, esto significa que existe desperdicio del espectro electromagnético, asimismo demanda una cantidad mayor de frecuencias transmisoras, la mismas que de igual forma son susceptibles a la interferencia por ruido.

La definición de la televisión digital como sistema Collins define que es, La transmisión de las señales de televisión digital no es diferente a la televisión analógica, la diferencia está en la manera en la que se implementa” (Collins, G. W., 2001) . En este tema sobre la señal televisiva digital, esta es operada de modo distinto a la televisión analógica, aunque con concepto de sistema de trasmisión de la señal, pero el diagrama conceptual de transmisión de la señal en un sistema similar.

En la Figura 2.1, se hace una comparación del proceso de las dos tecnologías Se compara el proceso de ambas tecnologías por medio de un diagrama de bloques simplificado, en el caso de las señales de sistemas digitales consiste en que “la señal de banda base es un flujo de datos digitales compuestos que pueden incluir video y audio, así como datos. Dado que el método de modulación también es digital, el excitador utilizado con el transmisor también es diferente” (Collins, G. G., 2001).

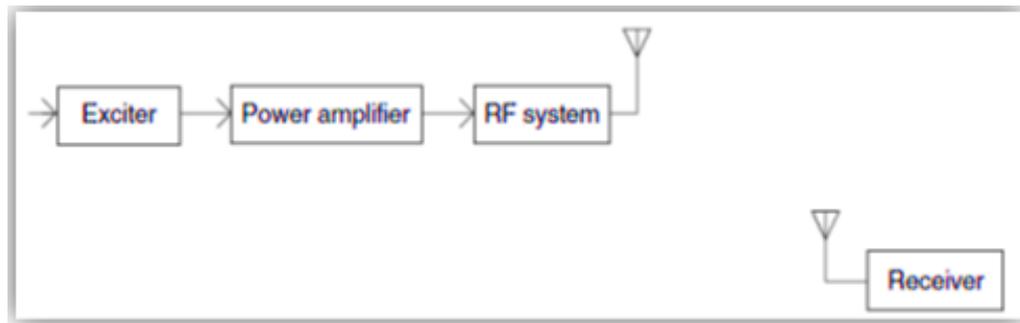


Figura 2. 1: Estándar de Transmisión de Televisión Digital  
Fuente: (Collins, G. W., 2001).

La televisión digital como en todo proceso discreto se fundamenta en el muestreo de la señal del voltaje, se realiza las muestras a intervalos iguales. En el proceso cada una de las muestras se convierte en un valor digital binario que tiene como contraparte al nivel de voltaje de la señal analógica. Posteriormente el prototipo digitalizado es enviada y recibida al receptor, en el que el valor binario es reconvertido de nuevo en la señal análoga original y mediante un proceso adecuado, donde no se degrada la calidad, y con posibilidades de nuevos servicios.

Así también otra definición de sistema de televisión digital Holguín define como, “un sistema de transmisión que consiste en el muestreo y codificación de imágenes y sonidos en un flujo de datos binarios (ceros y unos) que pueden ser distribuidas a través de diversas redes” (Holguin, 2010).

Otra definición sobre el sistema de televisión digital terrestre, “es una nueva forma de transmitir las señales de Televisión Abierta o gratuita con ventajas, como mayor calidad de vídeo, imagen y sonido. Con la transmisión en formato digital se podrá aprovechar, de mejor manera, el espectro radioeléctrico, es decir, se liberarán bandas de frecuencias para el uso de nuevas tecnologías” (Mintel, 2017).

## 2.2. Beneficios de la Televisión Digital Terrestre

Los beneficios son múltiples los más notorios a nivel de usuarios son la mejor calidad en imagen, sonido e información de programación. La eficiencia de la redifusión televisión digital terrestre en relación con la analógica es

evidente, ya que los datos de video y sonido son entregados a través de datos comprimidos, esto representa el empleo de más servicios con la utilización de menos ancho de banda. Al utilizar igual ancho en el sistema televisivo análogo, se transmitirá únicamente por un solo canal, mientras que en el sistema televisivo digitales terrestres con calidad estándar pudiese ser transmitido en cuatro o más canales y más de uno canales con alta calidad de definición (HDTV), así se muestra en la Figura 2.2.

La utilización de los canales dependiendo de la región y país, según los estándares de que tomen en codirección o adopten en el país, el mercado de señal de canales podría estar entre tres o más señal de canal por cada 6MHz. Esto estará en dependencia del estándar que vaya a ser utilizado.

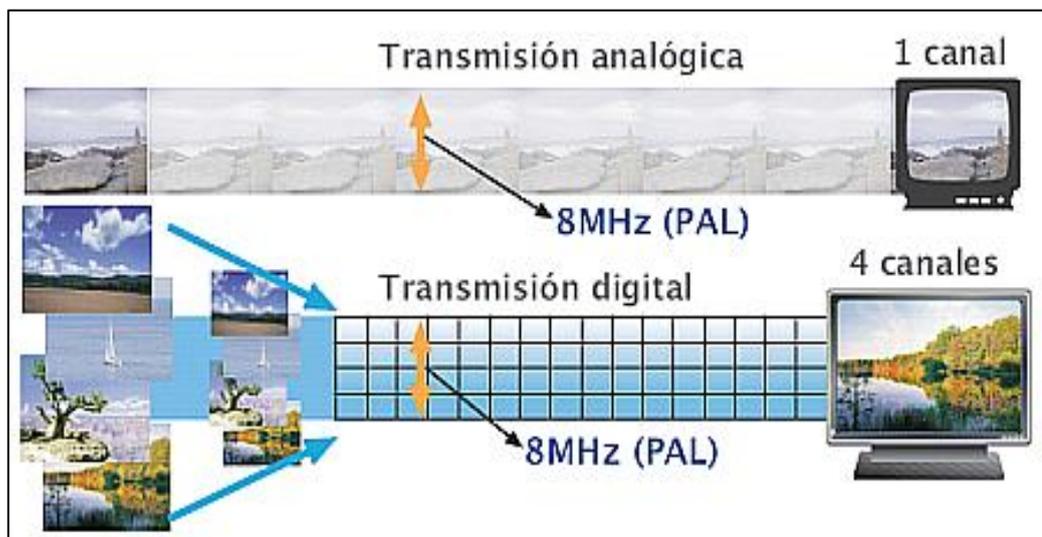


Figura 2. 2: Optimización del espectro radioeléctrico  
Fuente: (Semenario, 2008)

### 2.2.1. Optimización de la señal de transmisión

La principal ventaja de la transmisión digital con respecto a la analógica es la inmunidad a las interferencias debido a ruidos electromagnéticos, esto es la información binaria solo puede tener valores de 1- 0 mas no intermedios los mismos que debido al protocolo de comunicación que maneje se lo corrigiera como un dato erróneo, debido a esto la señal digital es siempre limpia. En caso de que los errores sean significativos la señal se interrumpe muchos casos queda en pantalla la última imagen buena (congelada) hasta que se reestablezcan las condiciones.

### **2.2.2. Calidad de imagen y sonido**

Debido a la inmunidad de la comunicación televisiva digital frente a interferencias, aumenta la viabilidad de emitir imagen y sonido de mejores calidades. Esto expone la diferencia de la televisión analógica con respecto a la resolución de la imagen en el televisor, pues controla todos los detalles y nitidez.

La resolución depende del número píxeles en la pantalla. De igual manera el sonido que viaja en el mismo canal de la señal de vídeo en la transmisión es receptada en estéreo, con la posibilidad de utilizar sistema envolvente y multilingüe, todo esto utilizando menos ancho de banda que si fuera utilizado en la señal analógica de televisión.

En lo que respecta al audio en el peor de los casos puede ser igual a la de un CD en todo caso, el mejor de los monitores puede mostrar “diez veces más píxeles que un monitor de baja calidad” (El secreto de de Zara, 2009). En todo caso no existe comparación entre un televisor digital y uno analógico en términos de resolución y estabilidad de imagen y número de colores. En lo que se relaciona con las ventajas del uso de las técnicas digitales de comunicación televisiva en que no se produciría duplicidad de imágenes o "fantasmas".

### **2.2.3. Interacción.**

La comunicación en doble vía entre el proveedor de servicio y el usuario comprende la interacción pues existe contribución de información, inclusive la concurrencia de servicios esto es la consulta y programación en el ámbito noticiero al tiempo informar proactivamente en encuestas, juegos, encuestas, compras, en servicios bancarios, a través de la señal de televisión, todas estas acciones a través del control remoto.

En futuro próximo la tendencia tecnológica convertirá a la señal televisiva en un receptáculo de otros procesos y funciones. Esta interacción se implementa a través del control remoto a través dentro de los cuales los usuarios podrán solicitar cierto contenido particular. Para la implementación

de estos servicios el receptor que debe ser digital será compatible con los servicios de televisión digital terrestre (TDT).

#### 2.2.4. Movilidad.

Portabilidad y movilidad comprende la posibilidad de recibir señales de televisión en cualquier dispositivo, TV, pc, celulares en el interior o exterior etc. Dependiendo de la infraestructura de telecomunicaciones, comprende una solución de muy alto costo pues los transmisores principales utilizarán más retransmisores y mayor potencia para que los usuarios los receptores ubicados en el área de cobertura y así se logre una recepción en óptimas condiciones.

De igual manera la movilidad significa que se puede tomar la señal en aquellos receptores que están en acción de movimiento, sean estos aviones, trenes o autos. La movilidad no significa tampoco que se consume poca energía pues se puede utilizar pantallas grandes de televisión, no se le debe confundir con servicios facilitados a través de dispositivo de mano tales como celulares, en los que la prioridad es la de reducir el consumo de energía; así se muestra en la Figura 2.3. “Los servicios móviles se caracterizan por la rápida recepción en vehículos en movimiento, que presenta importantes retos técnicos fiables para la recepción de la señal” (Pérez, 2014).



Figura 2. 3: Movilidad – Portabilidad  
Fuente: (Supertel, 2009)

#### 2.2.5. Desventajas de la Televisión Digital Terrestre

Si bien la señal es abierta y gratuita, es necesario contar con receptores que con respecto a la televisión analógica tienen un costo mayor, esto es una

inversión significativa, pues un sintonizador digital integrado, o en su defecto un decodificador, que permitirá convertir el formato analógico a digital para la recepción correcta de la señal. Con respecto a los transmisores la tecnología es menos costosa, admite un eficiente uso de la potencia de los transmisores para las emisiones.

### 2.3. Análisis y comparación de los estándares de televisión digital terrestre

De acuerdo con las necesidades y demandas que existen en cada país se implementaron distintos estándares de transmisión, se considera que a nivel mundial actualmente existen 4 estándares según describe (López, 2018):

- Estándar EEUU ATSC;
- Estándar Europeo DVB-T;
- Estándar Japonés ISDB-T;
- Estándar Chino DTMB;

Se puede visualizar la adopción de los diferentes estándares de Televisión Digital Terrestre a nivel mundial diferenciados de la siguiente manera: Color verde para ATSC, Color Azul para DVB-T, Color Naranja para ISDB-T (Incluido ISDB-Tb) y finalmente Púrpura para el estándar DTMB. Se puede apreciar claramente que, en relación al número de países, el estándar europeo es el que más adopción ha tenido seguido por el estándar japonés.

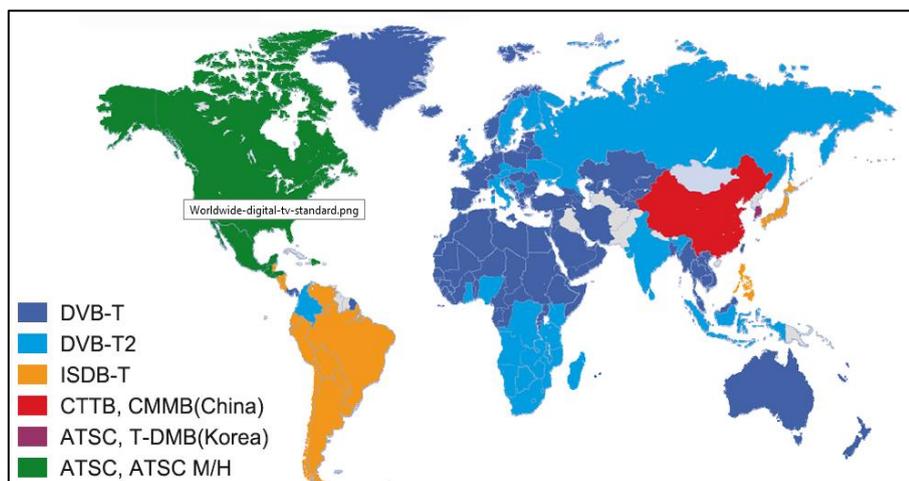


Figura 2. 4: Estándar Mundial de televisión digital

Fuente: (Dibsys, 2018)

### 2.3.1. Estándar estadounidense ATSC (Advanced Television Systems Committee)

Países como EE UU, Canadá, Corea del Sur y México, son los adoptaron este estándar el cual consiste en un sistema encaminado a la transmisión de audio y video de alta definición empleando un canal de 6 MHz lo que determina entregar unos datos a una velocidad de 19 Mbps. Igualmente se utilizan canales de 7 y 8 MHz para la utilización de “2 métodos de operación para transmisión de la señal: 8-VSB (Vestigial Side Band) y 16-VSB; para el manejo del video comprende el uso de MPEG y para la señal de audio el uso del estándar ATSC AC-3.” (Lopez, 2018)

Además, considera que “es un estándar que se diseñó principalmente para minimizar efectos de interferencia, mejorar la eficiencia del espectro radioeléctrico a través de los métodos de operación que utiliza y para ser implementado en redes de frecuencia (Lopez, 2018).

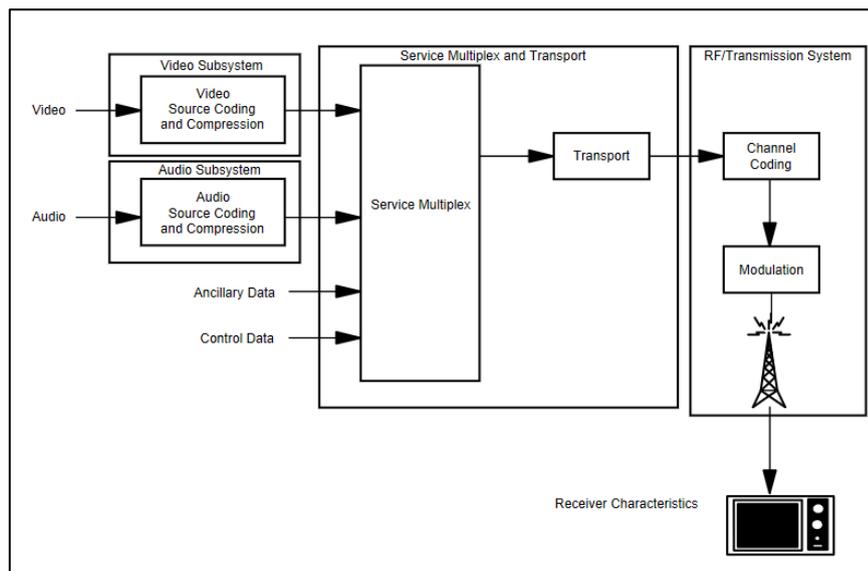


Figura 2. 5: Modelo de Transmisión de Televisión Digital Terrestre  
Fuente: (ATSC, 2011)

### 2.3.2. Estándar europeo DVB

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI European Telecommunications Standards Institute) estableció varios estándares orientados a la televisión digital los cuales están determinados para la señal televisiva satelital, así también para la señal por cable y comunicación televisiva digital terrestre.

Específicamente para TDT está definido el estándar ETS 300 744 también conocido como DVB-T (Digital Video Broadcast – Terrestrial). Este estándar tiene mayor aceptación en Europa, Oceanía, un alto porcentaje de África y Asia, esta tecnología diseñada para transferir datos, señal de audio y vídeo digital con alta calidad a través de un canal 7 u 8 MHz y con una velocidad cerca de los 32 Mbps.

Una de las características es que es inmune a las interferencias, también utiliza de manera óptima “el espectro radioeléctrico a través del uso de redes de frecuencia única (SFN Single Frequency Network). Utiliza 2 métodos de operación: 2k y 8k implementando COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) como método de transmisión de la información” (Lopez, 2018).

A si también considera que “el estándar para el manejo de la información de audio y video usa MPEG-2 en su versión inicial; en 2008 incursiono la DVB-T2 la cual presenta el uso de H.264/MPEG-4 AVC” (Lopez, 2018). En la figura 2.6 en el diagrama en bloques de extremo a extremo, gran parte de la red del sistema analógico pueden ser reutilizadas a diferencia de DVB-T, en el cual se puede evidenciar que hace falta otros equipos en transmisión T2 como en la recepción T2.

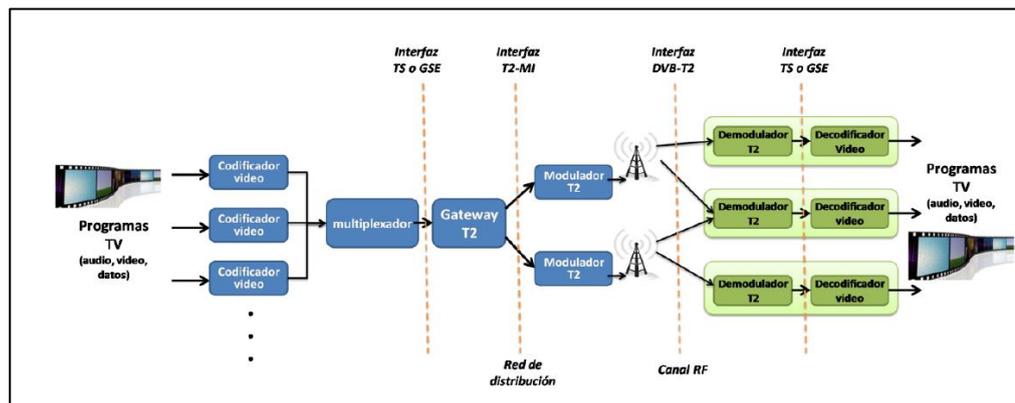


Figura 2. 6: Arquitectura general de un sistema DVB-T2  
Fuente: (Gómez & López, 2013)

### 2.3.3. Estándar japonés ISDB-T ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial)

Este estándar fue desarrollado por el Grupo de Expertos en Televisión

Digital del Japón. El cual fue implementado en los principales países de Latinoamérica, Centro América y Japón es muy parecido al DVB-T, pero se diferencia en que utiliza segmentación en la banda de transmisión para permitir flexibilidad en el manejo de datos, video y audio tanto en formato estándar y alta calidad. ISDB-T puede ser transmitido en canales de 6, 7 u 8 MHz presentando distintas velocidades tanto de 3.5 a 31 Mbps aproximadamente (López, 2018).

Según López el BST-OFDM (Band Segmented Transmission-OFDM) para la transmisión, cada canal físico (6 MHz), se estructura por 13 segmentos y cada segmento maneja de forma individual el tipo de modulación sea ésta QPSK, DQPSK, 16-QAM o 64-QAM. El sistema ISDB-T para la transmisión en video usa “MPEG-2 y para el manejo de audio MPEG-2 ACC. La variación brasileña ISDB-Tb se diferencia en relación al estándar japonés por la implementación del uso de la norma H.264 para el manejo de video” (López, 2018). En el diagrama de bloques de la figura 2.7 los codificadores R/S en la energía cambia de orden en los sistemas DVT y DVB-T, se aplica la codificación R/S a medida que surgen del transporte multiplexado esta dispersión de energía, retardo el entrelazado de bytes y trellis son aplicados.

Con esto permite que la longitud de entrelazado para el código FEC se seleccione por cada capa a nivel jerárquico con esto los paquetes nulos son eliminados y compensados con ajustes de retardo antes del intercalado.

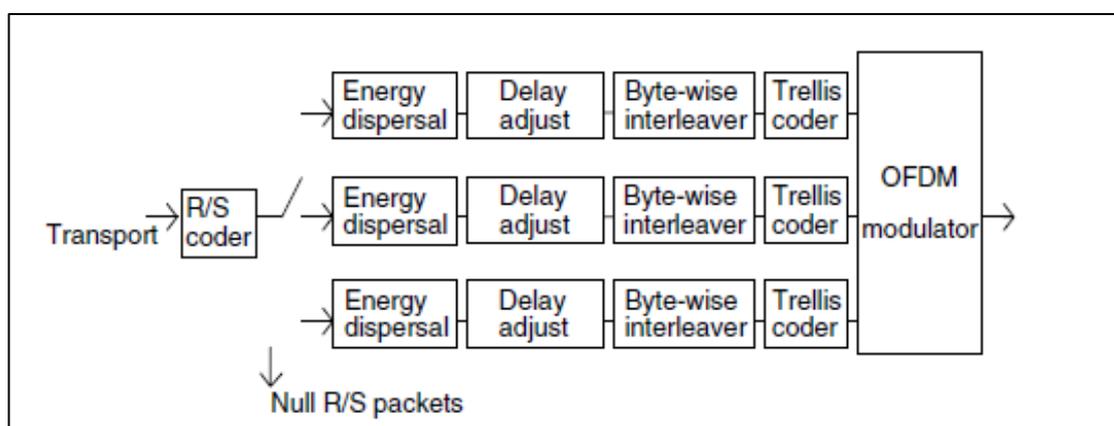


Figura 2. 7: Diagrama de bloques de codificación ISDB-T  
Fuente: (Collins, G. W., 2001)

### 2.3.4. Estándar chino DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast)

Ese modelo fue adoptado por los países como Cuba y China en la implementación de televisión digital específicamente a partir del 2007. Así como el estándar japonés soporta “recepción fija y móvil combinando programación de alta definición y estándar de datos para interactividad” (Lopez, 2018)

DTMB ésta delineado para señales en canal de 6 u8 MHz, que asume velocidades que va de 4,8 a 32,5 Mbps. Para la trasmisión de la comunicación el modelo usa “TDS-OFDM (Time Domain Synchronization - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y las modulaciones disponibles para DTMB son: 4QAM, 16-QAM o 64-QAM” (Lopez, 2018).

La bondad del estándar está en la posibilidad de dominio para la operatividad de procedimientos de red única (SFN) y aquellos procedimientos a través de redes múltiples. De igual manera este modelo utiliza eficientemente el espectro, así como mayor velocidad en la sincronización en relación con los otros sistemas.

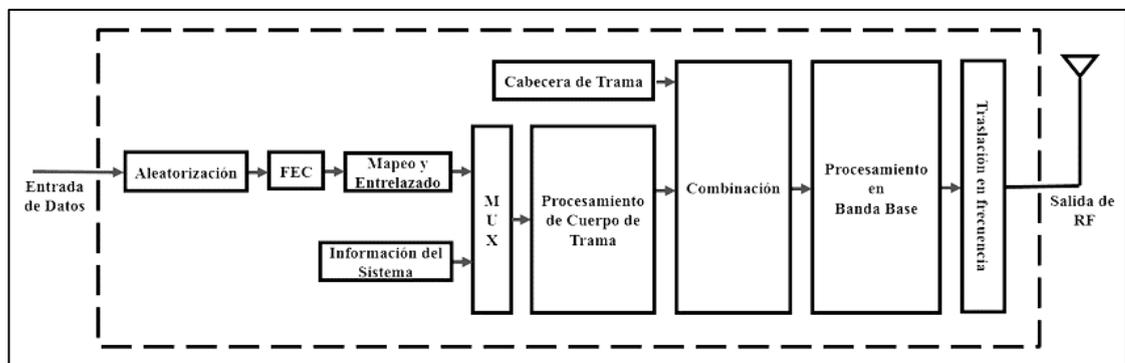


Figura 2. 8: Diagrama del sistema de transmisión del estándar DTMB  
Fuente: (González, Navarrete, & Díaz, 2015)

### 2.3.5. Comparación de estándares de sistema TDT

En la tabla 2.1 se muestra un resumen comparativo de los 4 modelos de sistemas de TDT existentes y sus características más importantes con sus propias ventajas y desventajas.

Tabla 2. 1: Comparación de los estándares de televisión digital

<b>Estándar</b>	<b>DVB-T</b>	<b>DVB-T2</b>	<b>ATSC</b>	<b>ISDB-T</b>	<b>DTMB</b>
<b>País de Origen</b>	Europa	Europa	EEUU	Japon	China
<b>Año</b>	2000	2008	1996	1998	2006
<b>Modulación</b>	QPSK 16QAM 64QAM	QPSK, 16QA M 64QAM 256QAM	8-VSB 16-VSB	64QAM- OFDM 16QAM- OFDM QPSK- OFDM DQPSK- OFDM	TDS-OFDM 8-VSB
<b>Ancho del Canal (Mhz)</b>	6, 7, 8	6, 7, 8	6, 7, 8	6, 7, 8	6, 8
<b>Codificación de Video</b>	MPEG-2	MPEG-4	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2, MPEG-4
<b>Codificación de Audio</b>	MPEG-2	MPEG-4	Dolby AC3	MPEG-2 ACC	MPEG-2, AVS
<b>Razón de datos (Mbps)</b>	4.98- 31.67	7.44-50.32	19.39	3.65- 30.98	4.81-21.96
<b>Intervalo de Guarda</b>	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128		1/4, 1/8, 1/16	
<b>Modalidad</b>	Si	Si	No implementada	Si	Si

Fuente: (Chie, Zambrano, & Medina, 2015)

- Sistema ATSC tiene mejor uso del espectro en la implementación de frecuencias múltiples para la TV en HD.
- Sistema DVB-T presenta mínima distorsión por retrasos de multirayectorias debido a esta característica es beneficioso para las redes que requieran frecuencia única.
- Estándar ISTB-T tiene características parecidas al estándar DVB-T diseñado para operar en redes únicas y en la recepción móvil.
- Estándar DMTB tiene varias características, recepción fija y móvil, para redes de frecuencia única y múltiple.

No existe compatibilidad entre estándares por consiguiente la elección es por la compatibilidad y adaptación del medio tecnológico a la televisión

digital de forma rápida y de menor impacto.

## 2.4. Tipos de Potencia

### PER (Potencia Efectiva Radiada):

Según Diego Aguirre sostiene que “es la potencia necesaria para garantizar el nivel de intensidad de campo establecido en la normativa técnica, de tal manera que se pueda considerar como señales validas a aquellas que se recepten con valores superiores a los autorizados” (Aguirre G. D., 2018). Esta se expresa en fórmula matemática como:

#### Ecuación 1: Potencia Efectiva Radiada

$$PER(KW) = P_T (kW) * 10^{\frac{G_T(dBi) - \sum Perdidias (dB)}{10}}$$

“Donde  $P_T$  es la potencia después de los filtros y  $\sum Perdidias (dB)$  será la suma de las pérdidas que se presenten en los conectores, cables, etc.”, (Aguirre G. D., 2018)

Sostiene además Aguirre, que siempre al concesionar una frecuencia, se describe en el informe técnico se concesiona una frecuencia en el informe técnico dos tipos de frecuencia, primero aquella que se configura en forma directa en el equipo y luego la potencia calculada o PER. De acuerdo con las comprobaciones y ensayos de enlace se considera emitir una transmisión de 3900W, la cual es una potencia configurada directamente en los transmisores.

Para que la señal sea optima, la norma técnica indica que se tiene que considerar la intensidad de campo con un valor de “51dB $\mu$ V/m en el borde del área de cobertura” (Aguirre G. D., 2018).

### PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva):

Es el resultado que se obtiene debido a la potencia que es entregada a la antena de acuerdo con su ganancia  $G_i$ , “considerando una antena isotrópica es decir equivale a la potencia que se necesitara inyectar a la entrada de dicha antena para obtener un mismo valor de densidad de potencia

a una distancia considerada, radialmente hablando” (Aguirre G. D., 2018). Para calcular esta potencia se aplica la siguiente fórmula matemática:

**Ecuación 2:** Potencia Isotrópica Radiada Efectiva

$$P.I. R. E = PTx * Gi$$

Esto significa que, para conocer la “densidad de potencia”, esto es el valor de “potencia propagada” en una superficie, esta se determina con la fórmula:  $dP = (PTx) 4\pi d^2$ , siendo  $dP$  “será la distancia de la antena receptora en relación con el transmisor; el receptor podrá detectar la señal en función de la siguiente ecuación” (Aguirre G. D., 2018).

**Ecuación 3:** Potencia de Recepción

$$P_{Rx} = G_T * \left( \frac{P_T}{4\pi d^2} \right) * A_{efectiva}$$

A efectiva corresponde al área efectiva, la que está en dependencia de la característica de tipo de antena y la ganancia a favor de esta. La ganancia en la recepción se expresa a través de la siguiente ecuación:

**Ecuación 4:** Ganancia de Recepción

$$G_{Rx} = \left( \frac{4 \pi A_{efectiva}}{\lambda^2} \right)$$

El parámetro  $\lambda^2$  corresponde a la “longitud de onda de la señal recibida” (Aguirre G. D., 2018). Se debe considerar en este análisis la Ganancia del transmisor y las correspondientes pérdidas:

**Ecuación 5:** Relación de Ganancia y Perdidas de Transmisión

$$PIRE (dBW) = PTx - (Lc + Ls) + GTx$$

Las variables  $(Lc+Ls)$  corresponden a la “suma de las pérdidas que ocurren en los cables y en el espacio libre” (Aguirre G. D., 2018).

Uso del espectro radioeléctrico: quien tiene el control de mañanera

exclusiva de los sectores estratégicos es el Estado, entre estos actores esta la energía en cualesquiera de las formas de generación, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, así como el espectro radioeléctrico y aquellos que por Ley se determinen.

Estas frecuencias deben ser establecida su configuración en el conjunto de transmisores de TDT siempre y cuando se concesionen una determinada frecuencia, la cual será otorgada por ARCOTEL. El ancho de banda que ocupa la transmisión de TDT es de 6MHz. La portadora de la frecuencia central debe estar desplazada 142,857KHz en consideración del desplazamiento relacionada con la frecuencia central.

### **Red de Frecuencia Única para ISDB-Tb**

La ventaja principal de la TDT respecto a la televisión analógica es funcionar operativamente a través de una red conformada por “un transmisor principal y retransmisores dispuestos a lo largo de una área geográficamente pequeña o urbana de tal manera, uno de ellos pueda transmitir la señal en una única frecuencia de operación evitando fenómenos de interferencia” (Aguirre G. D., 2018).

### **Definición SFN o Red de Frecuencia Única**

La definición de red de frecuencia única SFN, al “conjunto de transmisores encargados de propagar una misma información de forma simultánea y sincronizada utilizando el mismo canal, es decir la frecuencia que ha sido concesionada (Aguirre G. D., 2018), Esta configuración cubre un área determinada aprovechando los recursos que son limitados, específicamente el espectro radioeléctrico.

Para esto es necesario la inserción del intervalo de guarda en la señal OFDM, que permitirá tratar los ecos o multitrayecto que provienen de los distintos transmisores de tal manera que se pueda reconstruir la señal en el receptor” (Aguirre G. D., 2018) de una manera correcta. La ecuación para el cálculo matemático de manera de una red SFN, se expresa en la siguiente:

### **Ecuación 6: Red de Frecuencia Única**

$$s(t) = \sum_{i=1}^n h_i(t) * x(t) + z(t)$$

“Donde  $h_i(t)$ , representa la respuesta al impulso del canal,  $x(t)$  es la señal transmitida OFDM y  $z(t)$  es el ruido blanco gaussiano aditivo” (Aguirre G. D., 2018). Es necesario considerar el efecto de la interferencia inter-símbolos es por la demora en la recepción de la señal, por tal motivo es necesario planificar en el despliegue de la red esta característica importante el principio funcionamiento.

El estándar de red MFN (Multiple Frequency Network), que se determina de manera distinta a cada transmisor, aunque estén ubicados cercanos el uno del otro en este tipo de redes la importancia radica en mantener la distancia suficiente entre dichos transmisores con la finalidad de disminuir la posibilidad de interferencia co-canal. Debido al tipo de configuración las redes MFN son ineficientes espectralmente desde el punto de vista, el uso del espectro por su utilización de varias frecuencias.

### **Dificultades en las señales inalámbricas**

Hablando exclusivamente de la transmisión en un medio inalámbrico, aparecen problemas únicos relacionados a este medio. A continuación, se exponen algunos de los más comunes en las redes móviles 4G, consideradas de mayor difusión comercial hoy en día.

#### **a. Multipath fading:**

Es un desvanecimiento multi-ruta (Mutipath Fading) este fenómeno acontece cuando las señales de radio son disparejas en su trayectoria de destino, cumpliendo los principios de reflexión y difracción. En consecuencia, a este fenómeno, las señales que alcanzarán al receptor lo harán en diferentes tiempos por consiguiente la señal resultante diferirá de aquella señal de origen generada en el emisor. Es decir, que existe un desvanecimiento la señal hasta llegar al receptor debido a los obstáculos que estas señales deben sortear.

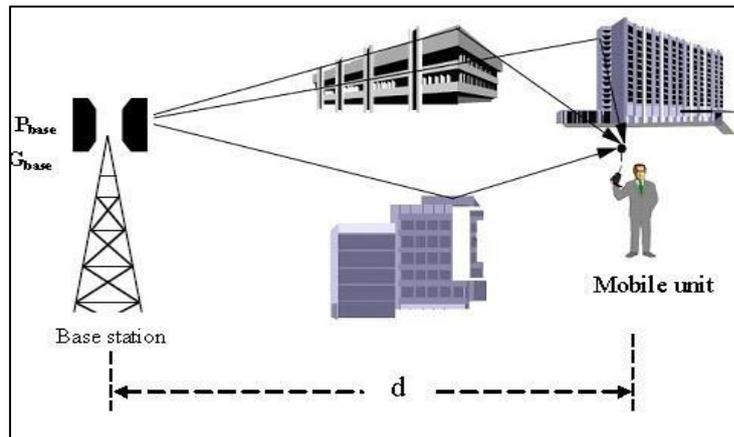


Figura 2. 9: Multipath fading  
Fuente: (Ullah, 2011)

**b. Delay spread:**

La extensión del retardo (Delay Spread) es un efecto del fenómeno multi-ruta y en el cual trata de medir el tiempo de llegada de la primera señal y la recepción de última. Trata de medir el tiempo comprendido entre el arribo del primer componente de una señal y la recepción de la última. Teniendo en cuenta los componentes son de línea de vista entre emisor – receptor. esto ocasiona una especie de eco y puede tener una prolongación de algunos microsegundos.

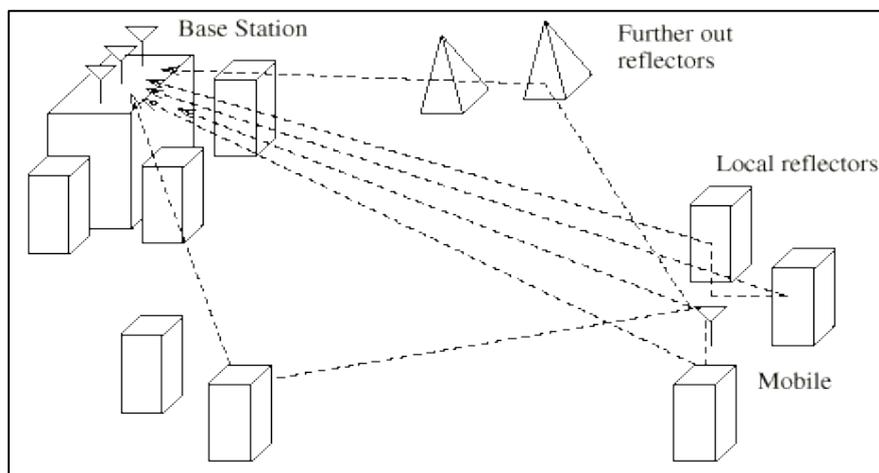


Figura 2. 10: Delay spread  
Fuente: (Peter Grant, 2010)

Este parámetro puede ser utilizado muy bien puede ser usado para poder determinar a un canal inalámbrico. Es importante considerar los ambientes de transmisión varían en función de la frecuencia de transmisión y es considerado dentro del esquema OFDM constan diversas subportadoras

separadas en frecuencia, estar al tanto de los resultados de extensión de retardo es sumamente importante para definir los diseños y los sistemas adaptivos con el fin de evadir una extensa atenuación en alguna subportadora.

**c. Frequency selective fading:**

La atenuación en las diferentes bandas de frecuencia no es igual y, es más se puede señalar que un canal de comunicaciones opera como un filtro, Por consiguiente, es necesario tenerlo en cuenta ya que disminuye el desplazamiento de los medios de transmisión y afectaría a la calidad de las comunicaciones. La complicación se atenúa con los multitrayectos que naturalmente se forman con las señales de radio, pues esto se favorece con el cambio de fases en función de la distancia, además de la creación de ecos en la señal receptada. Para ello, se utilizarían ecualizadores de frecuencia con el fin de mitigar los efectos de la atenuación selectiva.

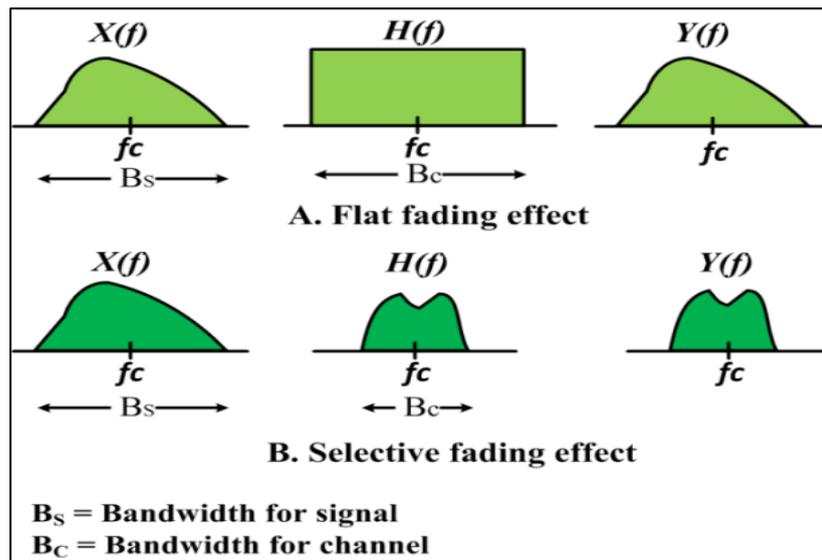


Figura 2. 11: Selective fading  
 Fuente: (Shukla, 2014)

**d. Inter channel Interference**

Otra de las dificultades que se forman a partir de las señales multitrayecto es la interferencia entre portadoras. Para que OFDM funcione es imprescindible que sus subportadoras sean ortogonales entre sí y a pesar de esto puede no darse y en estos casos, estas subportadoras se superponen entre sí y dependiendo de la afectación entre las demás frecuencias existentes, inclusive se puede arruinar la señal de interés.

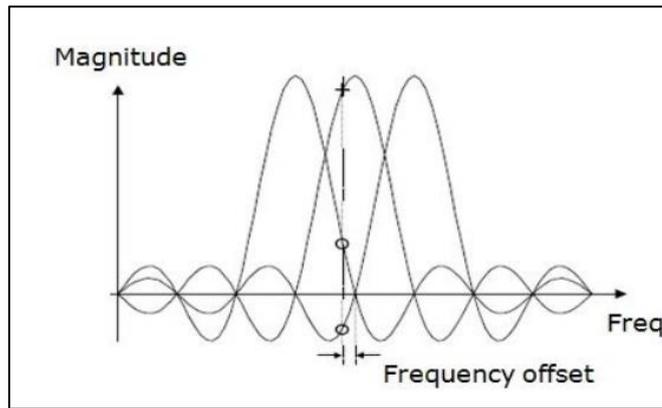


Figura 2. 12: Interferencia entre portadoras  
Fuente: (Bayas, 2020)

Así mismo, si un símbolo llega con retraso al receptor, posiblemente otra señal ya está en trámite por tal razón habrá una porción afectada; éste fenómeno se conoce interferencia entre símbolos, ISI. Este inconveniente se lo solventa añadiendo información redundante; sin embargo, esto ha ocasionado la disminución en la eficiencia de transferencia de información; el progreso computacional también ha favorecido al suministrar sistemas más exactos en cuanto a su sincronización.

Los inconvenientes inalámbricos mostrados, y otros, pueden combinarse para causar variaciones de las señales de comunicaciones o, derivarse en otro fenómeno conocido. Así, por ejemplo, el fenómeno Inter Channel Interference (ICI) puede derivar de las señales multi-ruta descritas.

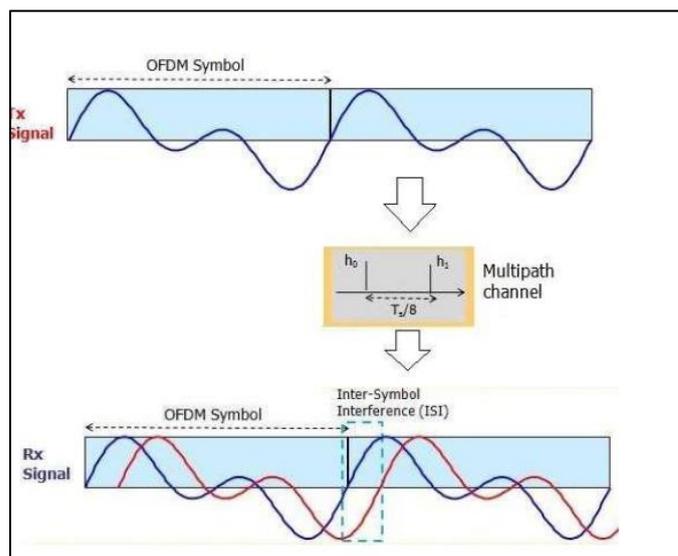


Figura 2. 13: Generación de ICI  
Fuente: (Bayas, 2020)

Con las nuevas tecnologías y el desarrollo computacional, es posible el uso de frecuencias de operación más altas que permiten elevar elocuentemente la capacidad de transmisión, en una creciente demanda. Sin lugar a duda, estas secciones espectrales son poco utilizadas, por la enorme complicación para operar en ellas. El siguiente paso de las redes inalámbricas es moverse a frecuencias de altas conocidas como ondas milimétricas. Con esto se alcanzará a dar paso a redes de ultra alta velocidad y desahogan ciertas bandas en donde existe al momento un acaparamiento de servicios coexistentes.

El servicio eficiente de un espectro es insuficiente está dentro de las consideraciones de nuevos estándares como el 5G por ejemplo que, entre otras cosas busca conseguir una red flexible y ágil, que se logren brindar servicios personalizados acorde a las necesidades de una extensa variedad de usuarios y tipos de conexión. En teoría la categoría de operación para 5G se amplía hasta los 100 GHz contemplando estos dos conceptos.

- Banda Sub-6GHz - Ondas milimétricas (mayor a 6GHz)

Parte de los problemas expuestos, también se requiere considerar 3 puntos que ha requerido para una onda de 5G, pero sin limitarse solamente a ellos:

- Servicios a medida para diferentes necesidades

En esencia estos tres puntos los que son prácticamente imposibles de superar con los esquemas OFDM tradicionales. Es oportuno suponer que OFDM es considerado por mucho eficiente en el esquema de modulación y con ello ha ganado gran popularidad en el campo de las comunicaciones. En una representación de modulación OFDM lograr la ortogonalidad de las subportadoras representa un empleo de alrededor del 10% debido a las bandas de guarda, necesarias para sortear la interferencia co-canal.

- OFDM como solución a los problemas inalámbricos

Antes de la masificación del internet y la expansión de tecnologías inalámbricas, OFDM fue apreciado como la mejor tecnología para el transporte de información. Incluso, hoy en día, para los sistemas que no requieren gran rendimiento este esquema es el motor principal de las

comunicaciones.

OFDM supera gran parte de las dificultades inherentes a los sistemas inalámbricos, además de optimizar el ancho de banda gracias a que emplea ortogonalidad de las subportadoras de banda estrecha incluidas dentro del ancho de banda y se permite un ligero traslape entre bandas laterales. Es un gran adelanto respecto a sistemas anteriores. En principio, las señales OFDM se basan en el análisis en frecuencia de las señales mediante la transformada de Fourier.

A la vez que trata de descomponer cualquier señal en componentes trigonométricas esenciales. Una señal de rectangular en el dominio temporal tiene como su equivalente a una señal Sinc en el dominio de la frecuencia; esto representa el espectro de la señal. En la figura 2.14 se puede observar que el espectro tiene un máximo que es la frecuencia fundamental de la señal. En ciertas aplicaciones prácticas, este máximo corresponderá a la frecuencia de operación de una señal de comunicaciones.

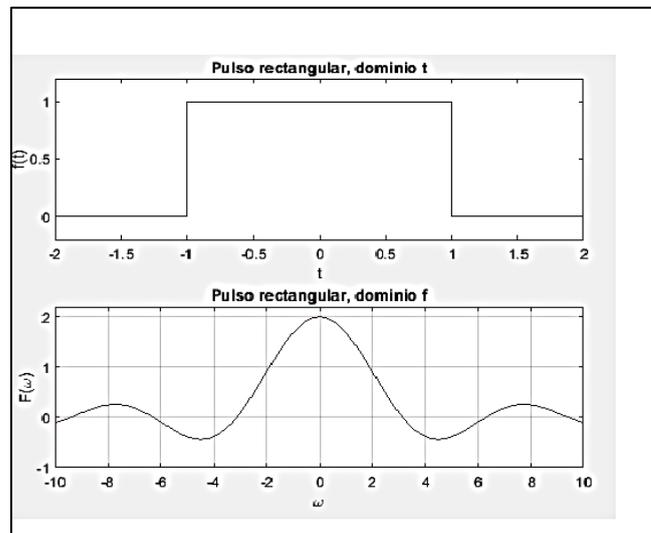


Figura 2. 14: Transformada de Fourier de pulso rectangular  
Fuente: (Bayas, 2020)

Esta señal  $F(\omega)$  es la portadora de información, representada en el dominio de la frecuencia y para que la comunicación sea efectiva, es preciso que ésta no tenga interferencias, al menos en la zona en donde se agrupa su máxima de potencia.

Estos no son utilizados para transportar información y son fruto de la naturaleza de la señal; es decir, la superposición de estas zonas con diferentes señales no disminuirá la calidad de la comunicación. OFDM se beneficia este principio y trata de arreglar las portadoras, “señales Sinc en el dominio de la frecuencia, de forma tal que los máximos de potencia y en esencia lo que verdaderamente importa de esas señales, no se vean afectados y por tanto la transmisión de información sea exitosa.” (Edison Xavier, 2020)

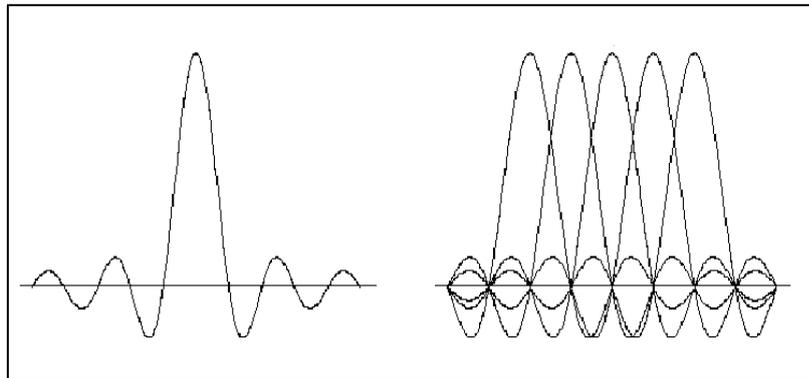


Figura 2. 15: Espectro de subcanal y arreglo de subcanales  
Fuente: (Wireless Communication, 1999)

Es decir, OFDM trata de conseguir la ortogonalidad de sus subcanales (llamados también subportadoras) para evitar la interferencia y conseguir la comunicación. En una señal OFDM se complementan cientos o más subcanales, cada uno de ellos transmitiendo una parte de la información generada en la fuente.

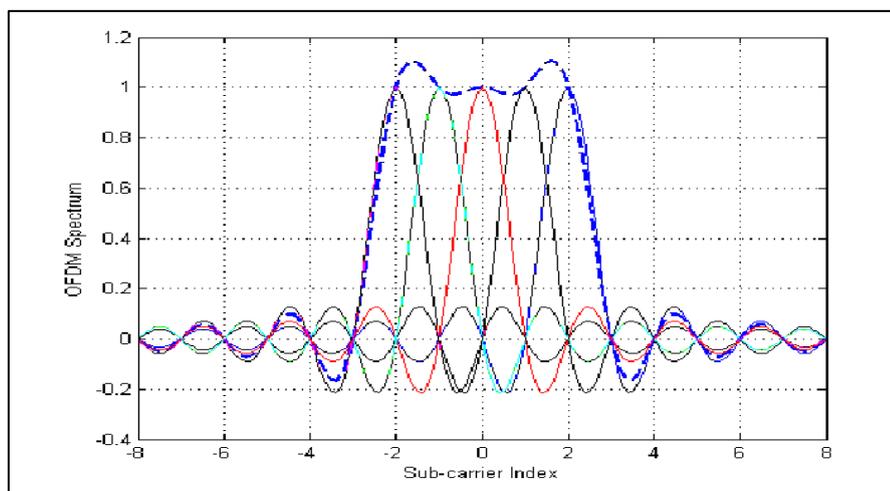


Figura 2. 16: Espectro OFDM  
Fuente: (Cesar V. Vargas, 2007)

Es importante distinguir que OFDM al transportar la información en segmentos, cada una de ellas en un canal de banda angosta, es más invulnerable a las interferencias y la reconstrucción de la información, en relación con una transmisión con la misma información por medio de una única portadora de banda ancha. Además, permite excluirlas bandas de guarda entre portadoras.

Esto acrecienta la eficacia de la transmisión y uso del espectro. A diferencia a los sistemas comunes, en donde la transmisión multiportadora era viable, pero en consideración las necesarias bandas de guarda entre portadoras, OFDM usa un sistema de mapeo que permite obtener la ortogonalidad. Para su ejecución, los sistemas habituales prescindían de circuitos independientes por cada portadora, lo cual añade cierta complicación al sistema. Actualmente el procesamiento es factible realizarlo en un único chip DSP (Digital Signal Processor).

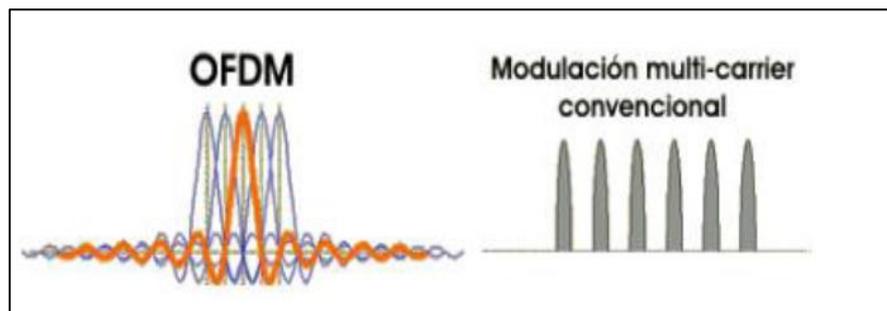


Figura 2. 17: Multiportadora tradicional y OFDM  
Fuente: (BiBing, 2019)

Los avances de la electrónica y la computación han concedido hacer posible y popular a OFDM, ya que se consigue hacer la modulación y demodulación mediante el uso de procesamiento de señales. Particularmente se utiliza la transformada discreta de Fourier y su inversa. Con ello se logra obtener cada vez más un reducido circuito electrónico funcional.

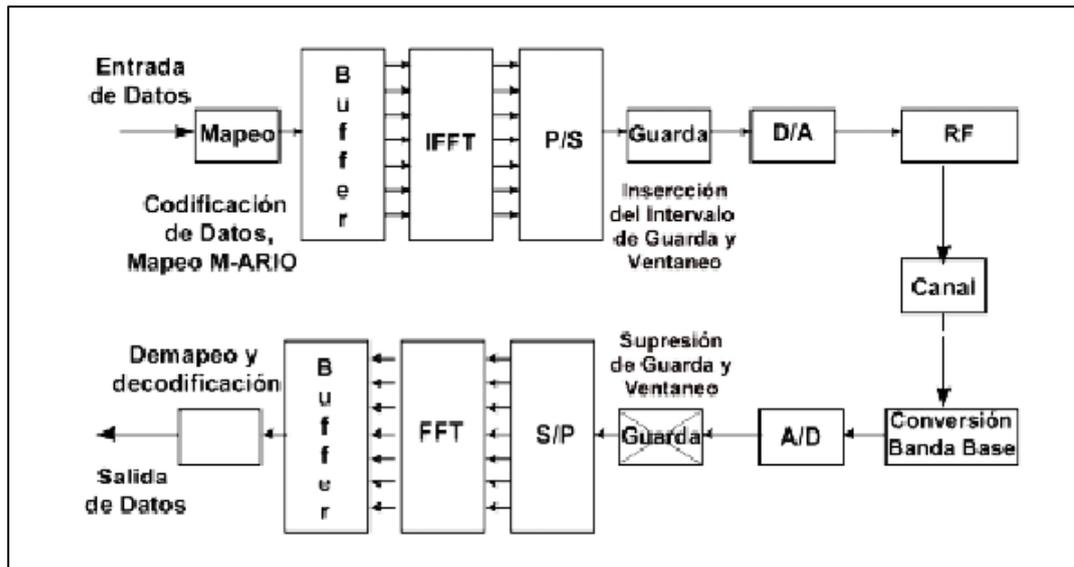


Figura 2. 18: Modulador demodulador OFDM

Fuente: (Suarez, 2001)

La naturaleza de OFDM de contar con diversas subportadoras, hace que este tipo de señal sea más resistente a cualquier tipo de desvanecimiento y a la vez, el proceso de transportar, reconstrucciones de información, mitigar perdidas con rellenos de información redundante, esto se lo conoce con el prefijo cíclico CP (Cyclic Prefix) con esto la interferencia el inter-símbolos ISI queda casi sin uso.

Se puede comentar que con el uso de OFDMA, varios usuarios pueden compartir el canal, para una adecuada asignación de recursos a los usuarios, para esto contamos con algoritmos que permiten elevar aún más la eficiencia realizando asignaciones bajo demanda pues, asigna recursos en los dominios del tiempo y la frecuencia.

Sin embargo, como se puede considerar en lo expuesto, el principal funcionamiento de OFDM está en la ortogonalidad y la determinación para alcanzarla. Por consiguiente, los sistemas electrónicos operan con márgenes de tolerancia, la sincronización tanto en tiempo como en frecuencia, lo cual hace que los sistemas sean más complejos en fabricación y diseños por su alto rendimiento con la complejidad en la sincronización.

Los sistemas de comunicaciones canal único de la misma manera han

sufrido significativas mejoras en sus diseños, especialmente en los esquemas de modulación de banda base y la eficiencia de los filtros, evidenciados en los sistemas multiportadora convencionales, No obstante, OFDM es el predilecto, menos en sistemas en donde la sincronización no sea precisa. Entonces, el sistema OFDM no es el recomendado.

## **2.5. Tipos de modulación TDT**

### **2.5.1. Modulación QAM**

La Modulación de Amplitud en Cuadratura, la información que se desea enviar está incluida en la amplitud y la fase de la señal, por lo tanto, la amplitud de la señal no es constante, mientras que en la modulación QPSK solamente está en la fase. El hecho de englobar dos señales con fases diferentes a través del mismo ancho de banda, pero con un desfase de 90° (Zapata,, 2201). La QPSK da la oportunidad de utilizar dos canales ortogonales, esto conlleva emplear un canal óptimo y eficiente ya que aprovecha al máximo el ancho de banda, que es un recurso importante al momento de transmitir la señal. Esto abre la factibilidad del empleo de varios servicios de comunicación con en los sistemas televisivos digitales.

Al analizar una señal que es modulada en QAM, se puede verificar que está integrada por una “señal modulada por una envolvente de una señal coseno y por otra envolvente de una señal seno, ambas independiente” (Santra Cruz, 2010)- La ecuación para el cálculo matemático es:

**Ecuación 7:** Señal Modulada QAM

$$x_c(t) = S_1(t) \cos(2\pi f_c t) + S_2(t) \sin(2\pi f_c t)$$

La información de los canales independientes esta representados por S1 y S2 es importante indicar que utilizan el mismo ancho de banda.

### **2.5.2. Multiplicación por División de Frecuencia Codificada (COFDM)**

Consiste en ser un tipo de modulación en banda ancha, en la que se accede a la comunicación de los datos digitales empleando técnicas de codificación y multiplicación mediante la división de frecuencia ortogonal

(OFDM), permitiendo una transmisión de diferentes portadoras traslapadas entre sí.

El tipo de modulación que es perfecta para la comunicación a través de la transmisión en señal de televisión digital terrestre es mediante COFDM ya que utilizan varias portadoras utilizando técnicas de FDM. “La codificación, que comprime los datos digitales, aplicada a la entrada (COFDM) se adapta a la codificación del canal, de tal manera que se pueda operar tramas de K bytes aumentando la capacidad de transmisión, caso que se ajusta a la cantidad de información en TDT” (Pisciotta, 2010)

Un transmisor COFDM que se utiliza para TDT, este cataloga los datos a la entrada empleando un codificador convencional utilizando una tasa de  $\frac{1}{2}$ , o lo que sería lo mismo por la entrada de 1 bit se obtendría 2 bits de salida, lo dicho con la finalidad que los datos tengan redundancia y así se facilite aplicar correcciones de los errores en el decodificador. Para la organización de los datos de manera no contigua, se realiza el enlazado de frecuencia, y así se distribuyen los bits de la información en las transportadoras de un símbolo OFDM.

Después del proceso de la COFDM, la información codificada en forma de bits entra al modulador OFDM, que en un principio se procede a modular de a 2 bits con QPSK para posterior originar un símbolo compuesto por 8 cargadoras procesado a través de la IFFT (Transformada Inversa de Fourier Rápida), a estos símbolos se les adiciona el intervalo de guarda. Teniendo en cuenta que los símbolos creados corresponden a datos digitales, es fundamental enviar estos datos a un convertidor analógico digital (DAC), también se debe proceder a la modulación de la señal en cuadratura para enviarse por RF (radio frecuencia). Ya en la salida del modulador COFDM existirán 8 cargadoras ortogonales con una frecuencia central  $f_c$  todas ellas agrupadas de a 4 símbolos las que forman una trama OFDM.

### **2.5.3. Transmisor COFDM**

Es fundamental en la transmisión considerar el parámetro del ancho

de banda (BW), que está en dependencia del número de portadoras ortogonales que son transmitidas en un período de símbolo útil ( $T_u$ ):  $BW = P_i(\text{Hz})/T_u$ . Es importante también “la duración del intervalo de Guarda ( $\Delta G$ ): Tiempo que transcurre las portadoras que han sido agregadas al final de la transmisión” (Aguirre & Benítez, 2016).

La “tasa de transmisión ( $T_b$ ): es el número de portadores que se incluye durante el periodo de símbolo útil y la duración del intervalo de guarda” (Aguirre & Benítez, 2016). El cálculo de la tasa de transmisión matemáticamente se calcula con la siguiente ecuación;

**Ecuación 8:** Tasa de Transmisión

$$T_b = \frac{P_i}{T_u + \Delta G} \times B_M \times T_{FEC}$$

TFEC representa la tasa que emplea al codificador convolucional.

COFDM y OFDM, representa la integración que ocurre entre la codificación del canal y la modelación OFDM, esto permite el camino para que la señal a ser transmitida tenga la capacidad de soportar el “multiproyecto severo”, interferencias co-canales e interferencias por ruido” (Aguirre & Benítez, 2016).

#### 2.5.4. Características de COFDM y OFDM

Según Aguirre y González, las características COFDM y OFDM son (Aguirre & Benítez, 2016):

- Ortogonalidad (propio de OFDM);
- Esquema de Modulación (propio de OFDM);
- Inclusión del Intervalo de Guarda (propio de “C”);
- Sincronización en la recepción de portadoras (propio de “C”);
- Ecuación (propio de “C”);
- Corrector de Errores;

Estas propiedades de la modulación COFDM, permite emplear

codificación contra errores, el entrelazamiento de portadoras de datos en frecuencia y tiempo y la información del estado del canal para optimizar la eficiencia y desempeño del decodificador COFDM, como parte de la mejora de OFDM, agrega un codificador compuesto conjuntamente por un código convolucional y un entrelazado de portadoras, que logran proteger del desvanecimiento selectivo a las portadoras locales.

En igual manera para cumplir una entrega de la transmisión en forma eficientes de la señal modulada en QPSK, a partir de interferencia, utilizando la modulación jerárquica, esto en razón que la mencionada modulación integra en el interior una constelación QAM, lo que le transforma en ideal para la transmisión en canal móvil en definición estelar. (Aguirre & Benítez, 2016)

Una de las ventajas principal que caracteriza a la modulación COFDM, tiene que ver con la inclusión del intervalo de guarda; ya que este admite la disminución de presencia de efectos “multitrayecto” generados debido a la presencia en diferente tiempos de la las señales; esto da la posibilidad de instalación de diversos trasmisores funcionando en una misma frecuencia, para que el receptor pueda adicionar las mencionadas señales con lo que se reduce la posibilidad de interferencia por “multi-camino”. (Aguirre & Benítez, 2016)

### **2.5.5. Diagramas de Constelación**

Una herramienta fundamental en el estudio y diseño de una red, estudio que es para la verificación y determinar el comportamiento del diagrama de constelación en una señal en los puntos de medición. El equipo para realizar este análisis es el “analizador ETH”, instrumento que se utiliza para las mediciones requeridas según la importancia, lo lleva a la verificación gráfica del comportamiento en las capas siguientes, (Aguirre & Benítez, 2016);

- Capa A: corresponde al segmento “one seg” para el canal móvil, el cual opera con modulación QPSK;
- Capa B: corresponde al canal en alta definición, el cual opera con modulación 64QAM;
- Capa C: Actualmente el canal 25 no transmite segmentos en dicha

capa;

- Sumatoria de Capas: presenta gráficamente la sumatoria del diagrama de constelación de cada una de las capas antes mencionadas;

También se deben considerar ciertos parámetros que son importantes como el MER, BER, la potencia de recepción de la señal (dBm), el intervalo de guarda configurado en el transmisor y el Modo de operación.

#### **2.5.6. Características de operación con frecuencia única**

Las señales de red que funcionan con frecuencia única están andantes integrar repetidores VHF y UHF, estos toman y transmiten la señal en la frecuencia única, esta red se la conoce como red de “frecuencia única”, que se desprende el nombre de las siglas en inglés SFN (Single Frequency Network). Es esencial tomar en consideración, que los transmisores instalados de la red realizan la transmisión en el mismo bit al mismo tiempo.

En el sistema ISDB-T la SFN asume como especificación, que en las estaciones los osciladores de portadas asuman ración de 1 Hz o un valor menor, con relación a la frecuencia central de la banda. “La frecuencia de muestreo de los moduladores OFDM de banda base deben tener una precisión de +/- 0,3 partes por millón” (Burbano & Cruz, 2008). Otra característica es que los flujos de transporte deben ser idénticos. Por otro lado, las ventajas de este tipo de redes son la obtener de economizar “el espectro radioeléctrico”, en razón que el conjunto de transmisores está anclados a la misma frecuencia.

Las SFN con la añadidura de señales que proceden de dos transmisores contiguos ubicados en una misma red; estos propician un lucro denominado como “ganancia de red”, la que trae consigo que se logre algunas ventajas, entre estas: la infraestructura para el ámbito de la radiodifusión se menos costosa; toda vez que la demanda de potencia en los transmisores es menos; y a la vez facilita un mejor uso de la potencia transmitida y una mayor cobertura.

Cabe sistematizar que se presenta la posibilidad muy cierta de rellenar zonas de sombras a la que se les conoce como “gap-fillers” a través de estaciones cuya potencia sea baja y en la misma frecuencia. Los repetidores a la vez pueden tomar la misma potencia transformándose en activos de lucro y pasivos, por lo que la probabilidad de quedarse en una de sombra es baja. Entre las desventajas de las redes en frecuencia única, en que no tienen la posibilidad de dividir la red, lo que quiere decir que no se presenta posibilidad alguna de tener programaciones diferentes por zonas en un mismo canal.

### **2.5.7. Modulación OFDM**

Si el ancho de banda es mayor que lo habitual, la señal transmitida “es más susceptible a interferencia entre símbolo, debido a los desvanecimientos de frecuencia en el tiempo que se presentan por el efecto multi-camino”, (Aguirre & Benítez, 2016).

Si en una transmisión se envía un mayor número de símbolos, la interferencia produce la interrupción total de la señal de transmisión; para esta acción se utilizan la multiplexación ortogonal por partición de frecuencias, la que facilita el trabajo a través de ancho de banda más grande (6MHz para televisión), esta técnica permite partir a las portadoras en frecuencias con un ancho de banda más pequeño, pero entre si ortogonales; es decir que estas deben estar solapadas entre ellos “sin causarse interferencia, a estas portadoras se las conoce como subportadoras, las cuales tendrán un tiempo de símbolo muy grande en relación a los posibles “eco”, de tal manera que la interferencia entre símbolo (ISI) sea despreciable”, (Aguirre & Benítez, 2016).

En la Modulación de Amplitud en Cuadratura, la información, “se encuentra en la amplitud y fase de la señal a diferencia de QPSK donde el mensaje se encuentra en la fase, es decir en este caso la amplitud de la señal no es constante (Aguirre & Benítez, 2016). El hecho que admite modular las dos señales que contienen diferentes fases en una misma banda ancha, esto “debido a que el desfase de  $90^\circ$  proporciona dos canales ortogonales, optimiza el canal y desde el punto de vista del ancho de banda de la señal”, (Aguirre & Benítez, 2016)l. Esta ventaja se utiliza en sistemas de televisión

digital.

Para continuar, se dice que “una señal modulada en QAM; está compuesta por una señal modulada linealmente por una envolvente de una señal coseno y por otra envolvente de una señal seno, completamente independiente”, (Aguirre & Benítez, 2016). La ecuación matemática esta expresada por:

#### **Ecuación 7: Señal Modulada QAM**

En la que  $s_1$  y  $s_2$  toma los valores de cada los cales transmitidos mediante el uso del mismo ancho de banda. Como ejemplo 4-QAM para sustentar el grafico de la constelación, para esta modelación se requiere trabajar con 2 bits; “el primero se lo denomina el bit más significativo (BMS) y el segundo como el bit menos significativo (BLS) y la representación de ellos significará la ubicación de cada punto en la constelación, dependiendo de las señales seno y coseno” (Aguirre & Benítez, 2016).

### **2.6. Parámetros de las mediciones**

Dichos parámetros a considerar son:

- Intensidad de campo (dB $\mu$ V/m)
- MER (dB)
- Frecuencia de operación (MHz)
- BER (adimensional)
- Desviación de la frecuencia central (Hz)
- Intervalo de guarda
- Modo de operación
- Ancho de banda (MHz)
- Diagramas de constelación de cada capa
- Demodulación de imagen

#### **MER**

Se le define a la “Tasa de Error de Modulación como la dispersión de puntos respecto al valor esperado, es la diferencia entre la señal real con

respecto a la ideal, se la mide en dB". La señal tendrá una mejor recepción si los puntos de las constelaciones están más cercanos. La diferencia entre esos valores se representa por distancia entre 2 vectores: el uno que señala su dirección hacia el punto ideal de la constelación, al que se le denomina vector idea; el otro vector nombrado señalando a partir de un punto medio en dirección al punto ideal de vector de error MER, el resultado que se obtiene es el denominador de un consciente entre la magnitud de la señal promedio en el numerador.

### **BER**

Corresponde al número de Bits recibidos con errores entre el número total de Bits recibidos. Normalmente se expresa con 1= elevado a una potencia negativa ( $BER=10^{-6}$ ). "En una transmisión de datos digitales en telecomunicaciones, el BER es la cantidad de bits recibidos con errores dividida por la cantidad total de bits recibidos, durante un período de tiempo dado" (Andreotti;, 2015). Lo que contextualizado es la "Tasa de Error de Bits".

Este parámetro indica el momento que un paquete o alguna otra unidad de datos, por acción de un error esta deberá ser retransmitida. "Si el BER es muy alto, indica que una velocidad menor de los datos podría reducir el tiempo de transmisión para una determinada cantidad de datos, ya que un BER más bajo reduciría la cantidad de paquetes que deban ser retransmitidos" (Andreotti;, 2015).

### **BERT**

Según Jorge Andreotti, el Bit Error Test Tester) es, (Andreotti;, 2015):

El BER es un parámetro clave, usado para evaluar los sistemas que transmiten datos de un lugar a otro. Los sistemas en los cuales el BER es aplicable incluyen enlaces de datos por radio o por fibra óptica, Ethernet o cualquier sistema que transmita datos sobre una red, cuando el ruido, las interferencias y fluctuaciones de fase pudieran provocar una degradación de la señal digital. Con el BER se puede evaluar un sistema en su totalidad, incluyendo el transmisor, el receptor y el medio entre ambos. De esta forma, el BER permite realizar el test para evaluar el performance del sistema en

operación real, en lugar de hacer las pruebas de las partes por separado, con la esperanza de que se comporten igual cuando estén en el lugar de operación.

### **Factores que afectan el valor del BER**

El BER es un parámetro que le afectan algunos valores como por ejemplo “la relación señal ruido (S/N) en el camino de la RF pueda empeorar, más las causas que puedan afectar a la señales modulantes y moduladas, serán factores que aumentarán el valor (Andreotti;, 2015).

Además, según (Andreotti;, 2015): Que estos factores eran si aparecen señales interferentes, la disminución de la potencia irradiada por los transmisores, o de la sensibilidad de los receptores, en ambos casos tanto por falla en los equipos electrónicos como en las antenas y guías de onda, desenfoque de parábolas, o aparición de edificios construidos con posterioridad a la instalación de los enlaces, que se interpongan en el camino del haz de RF. En el caso de enlaces con frecuencias de portadora en el orden de los 23 GHz, la lluvia intensa es una causa muy conocida, que hasta suele interrumpir el establecimiento de los enlaces.

Así también describe que (Andreotti;, 2015): Estos equipos, que van instalados en las partes altas de las torres, junto a las antenas y parábolas, disponen normalmente de instrumentos que mediante un software permiten leer los valores de campo electromagnético recibido y también de un test para determinar si hay bits errados, severamente errados, etc. También en estos equipos la humedad ambiente es un factor a tener en cuenta.

### **CNR o C/N (Carrier-to-Noise Ratio)**

Según Andreotti considera que Carrier-to-Noise Ratio es (Andreotti;, 2015): Es la relación entre la potencia de la portadora modulada de RF y la potencia de ruido. En comunicaciones este término se usa en general como sinónimo de relación señal ruido (S/N) o (SNR). Además de que la expresión “Carrier- to Noise Ratio”, no incluye la palabra modulación, la expresión también se usa para la portadora sin modular, o sea CW (Onda continua),

haciendo que la confusión aumente cuando se interpreta literalmente.

Al Carrier-to-Noise Ratio, se formula como la relación de potencias directamente”, o en dB; cuando se expresa en dB”:

**Ecuación 9:** Relación Portadora-Ruido

$$\text{CNR [dB]} = 10 \log (P_c / P_n)$$

En esta relación  $P_c$ , representa la potencia de la portadora modulada,  $P_n$  corresponde a la potencia de ruido (Noise en inglés).

## 2.7. El diagrama de constelación

Al diagrama de constelación se le conoce también como el “espacio de señal”, este consiste en una metodología que se representa en el” plano complejo de los estados de símbolo”, según la “amplitud y fase” en el sistema de modelación digital entre estos el QAM o PSK. “El eje horizontal se refiere a los componentes de los símbolos que están en fase con la señal portadora y el eje vertical a los componentes en cuadratura (90°)” (WIKIPEDIA, s.f). Estos diagramas de constelación también se usan para reconocer el tipo de “interferencia y distorsión en una señal”.

Al diagrama de ejes planos se le representa por “I” (en fase) y “Q” (en cuadratura). “La constelación grafica la relación de amplitud y fase de una portadora modulada digitalmente y, por lo tanto, el módulo y la fase de cada una de las posibles señales que conforman la modulación (WIKIPEDIA, s.f). Así también, al módulo se le denomina por el espacio entre las coordenadas de origen-el punto- la fase es el ángulo, que une con el punto de origen que compone con el eje horizontal. Según la información sistematizada en (WIKIPEDIA, s.f):

Cada una de esas posibles señales viene representada por un punto denominado “punto de la constelación”. Los puntos en la constelación representan símbolos de modulación, que componen el alfabeto del esquema digital escogido, es decir todas las “palabras” que podrán usarse en un

intercambio de información.

Según (Andreotti;, 2015): La calidad de la imagen es una gran diferencia que existe entre la Televisión Digital y la Televisión Analógica, pero el comportamiento frente al ruido o interferencias, considerando como parámetro dicha calidad, difiere de igual manera entre los dos sistemas de transmisión. Es decir que cuando se presenta ruido o interferencia en una señal de televisión analógica, se observa una degradación progresiva de la señal que converge en un tono borroso o sombras de la imagen, también se puede observar líneas que se mueven a lo largo o ancho de la pantalla, así como también un tono gris de la imagen. Mientras que cuando se produce Ruido o Interferencia en un canal digital, esto conlleva a 2 situaciones, que se observen píxeles en la imagen, la imagen se congele o simplemente no se observa la pantalla negra; por lo antes mencionado, se han considerado estas características para determinar la calidad de la imagen.

## **2.8. Interpretación del diagrama**

Según lo sistematizado en (WIKIPEDIA, s.f): el dispositivo al recibir la señal analiza el símbolo recibido, el mismo que pudo haber sido afectado por el canal o el receptor por causa del ruido blanco aditivo gaussiano, distorsión, ruido de fase o de interferencia. Este selecciona, como estimación de lo que se transmitió realmente, el punto en el diagrama de constelación que está más cerca del símbolo recibido entonces demodulará incorrectamente si la corrupción de la señal ha hecho que el símbolo recibido se acerque a otro punto de la constelación diferente del símbolo emitido. El diagrama de constelación permite una visualización directa de este proceso, ya que puede suponerse el símbolo recibido como un punto arbitrario en el plano IQ y luego decidirse cuál es el punto de la constelación más cercano a él.

### Capítulo III: Estudio técnico para la cobertura de la zona sombra en el sector de los ceibos

En este capítulo se realiza un análisis sobre la transmisión de la señal TDT desde cerro del Carmen y sector Los Ceibos, que es donde se ha verificado que carecen del servicio óptimo de las televisoras de canal abierto de señal digital. La norma técnica establece condiciones “para la asignación de canales y operación de las estaciones de servicio de radiodifusión de televisión digital terrestre en el territorio ecuatoriano, de conformidad con el estándar ISDB – T Internacional (ISDB – Tb)” adoptado en agosto 14 de 2015, mediante Resolución “ARCOTEL – 2015 – 0301”. Para optar por el servicio de TDT se establecen las siguientes bandas de frecuencias:

Tabla 3. 1: Bandas de frecuencia TDT

UHF	
Banda IV	de 470 a 482Mhz
	de 512 a 608Mhz
	de 614 a 644Mhz
Banda V	de 644 a 698Mhz

Fuente: (ECUATRONIX, 2017).

La intensidad del campo mínimo en el borde estará protegida en el borde de la cobertura la misma que tendrá un alcance o cobertura de 51dBuV/m, para un período de tiempo de al menos un 90%, y el alcance a los sitios de recepción del 50%.

#### 3.1. Sistema de simulación de radio enlace RadioMobile

Es un software desarrollado por Rouger Coudé creado en 1998 basado en el algoritmo Longley-Rice, utilizando mapas como datos digitales con elevaciones obtenidas de la misión SRTM (huttle Radar Topography Mission) de la NASA. En el programa definimos los puntos a evaluar en este caso desde el Cerro del Carmen hasta el sector de los Ceibos tal como se muestra en la figura 3.1 realizada con el software RadioMobile, en el cual se evidencia la obstrucción que existe por el cerro San Eduardo, se lo puede visualizar con más detalle en la figura 3.2 utilizando GoogleEarth.

Los puntos a medición se los detalla en la tabla 3.2 con sus respectivas coordenadas altura y distancias entra ambas:

Tabla 3. 2: Coordenadas entre Cerro del Carmen – Ceibos

Sitios	Coordenadas						Altura (mts)	Dist (Kms)
	Lat (°)	Lat (')	Lat (")	Lon (°)	Lon (')	Lon (")		
Cerro Del Carmen	2	10	47,73	79	52	55,16	80	7,13
Ceibos	2	9	56	79	56	12,2	3	6,28

Elaboración propia

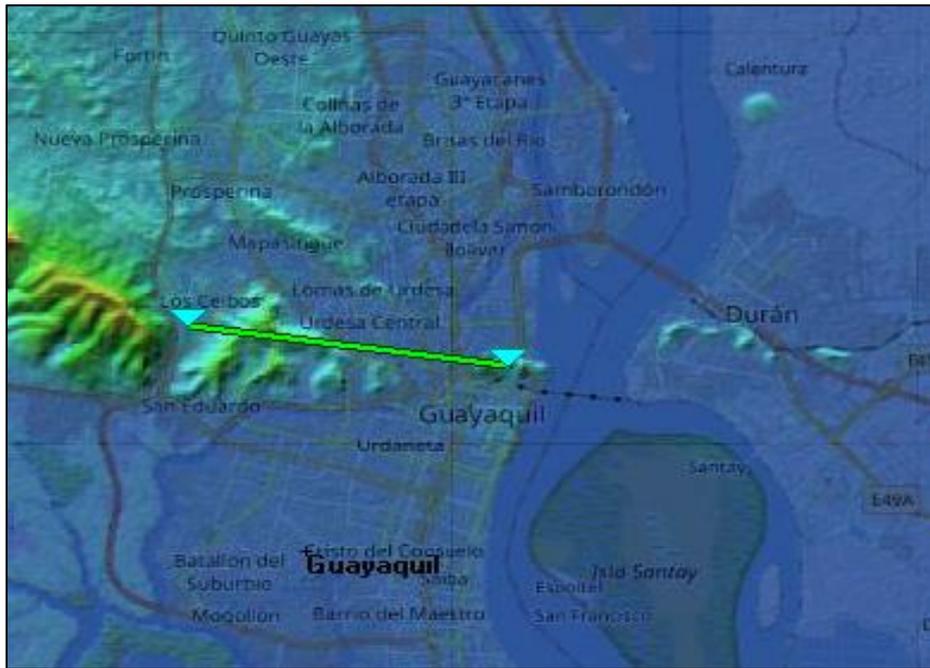


Figura 3. 1: Imagen del trayecto Cerro del Carmen – Ceibos (RadioMobile)  
Elaboración propia

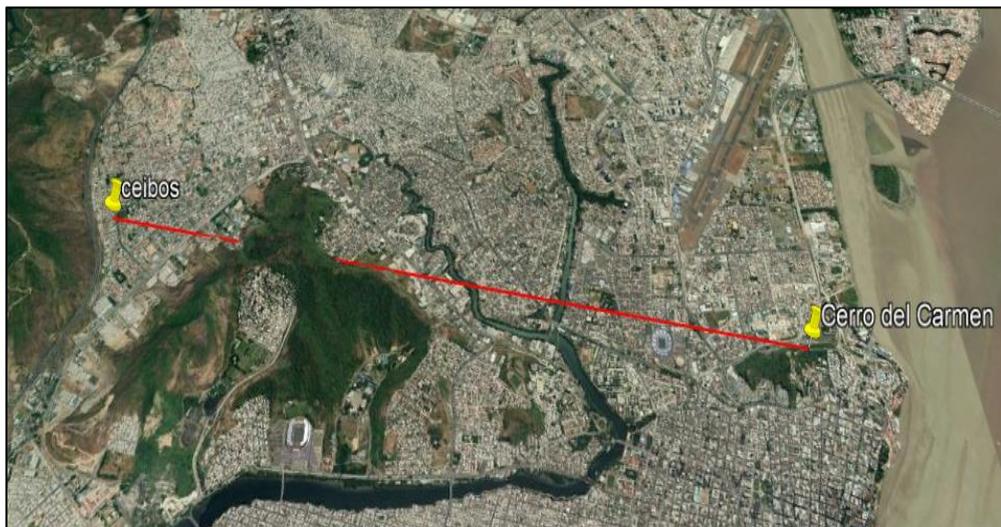


Figura 3. 2: Trayecto Cerro del Carmen – Ceibos  
Elaboración propia en base a GoogleEarth

### 3.2. Cálculo de la intensidad de campo.

En base a las coordenadas y características de la antena en el Cerro del Carmen como se muestra en la tabla 3.3 se lo inserta en el simulador en el cual el dato nos presenta que la pérdida de señal es casi en su totalidad tomando en cuenta que el Cerro San Eduardo con una altura 146.85 m es más alto que el Cerro del Carmen cuya altura aproximada de 80 m considerando la curvatura de la tierra, esto hace que el sector de Los Ceibos este ubicado en un valle es decir entre dos cerros San Eduardo y Cerro Azul con una altura aproximada de 400 m como se muestra en la figura 3.3, de aquí nace la necesidad de realizar el estudio y la factibilidad de una repetidora gap filler para cubrir este sector de la urbe con señal de televisión digital terrestre (TDT) abierta de óptima calidad.

Tabla 3. 3: Características de la antena del Cerro del Carmen

Estación transmisora	Cerro Del Carmen
Latitud (grados, min, seg)	02° 10´ 47,43" S
Longitud (grados, min, seg)	79° 52´ 55,15" W
Altura s.n.m (m)	80
Altura de la antena (m)	36
Canal de UHF	42.1
Rango de frecuencias (MHz)	659 – 662
Potencia de Tx (kW)	3260

Fuente: (ECUATRONIX, 2017).

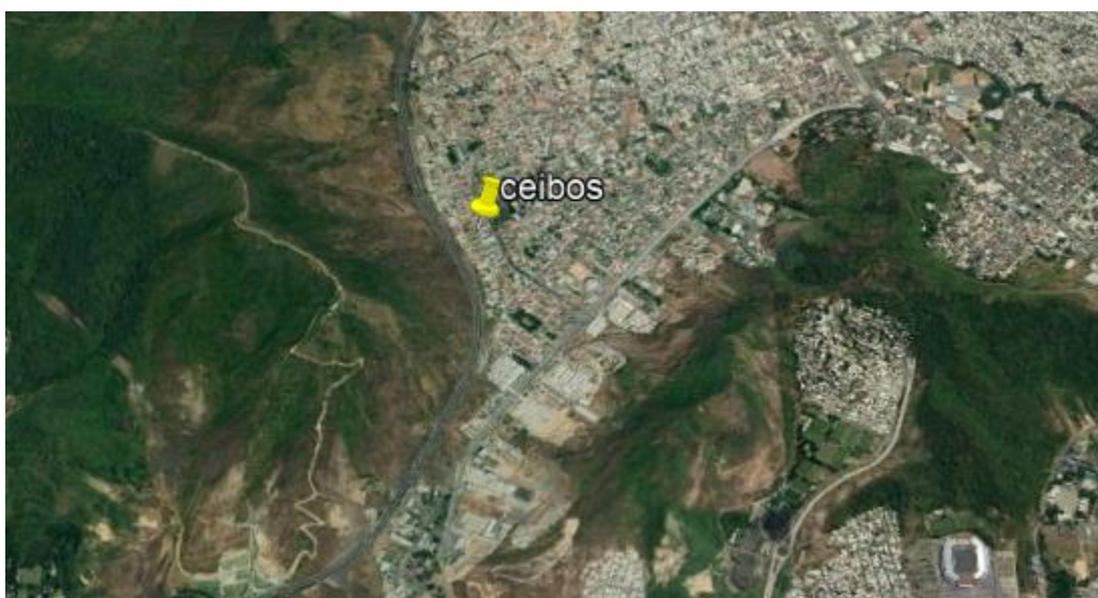


Figura 3. 3: Sector de los Ceibos entre 2 cerros  
Elaboración propia en base a GoogleEarth.

### 3.3. Línea de vista Cerro del Carmen – Ceibos

Con las características de la antena donde está ubicadas las repetidoras de los canales de televisión se la introduce en el software RadioMobile mostrando la realidad que la línea de vista es nula.

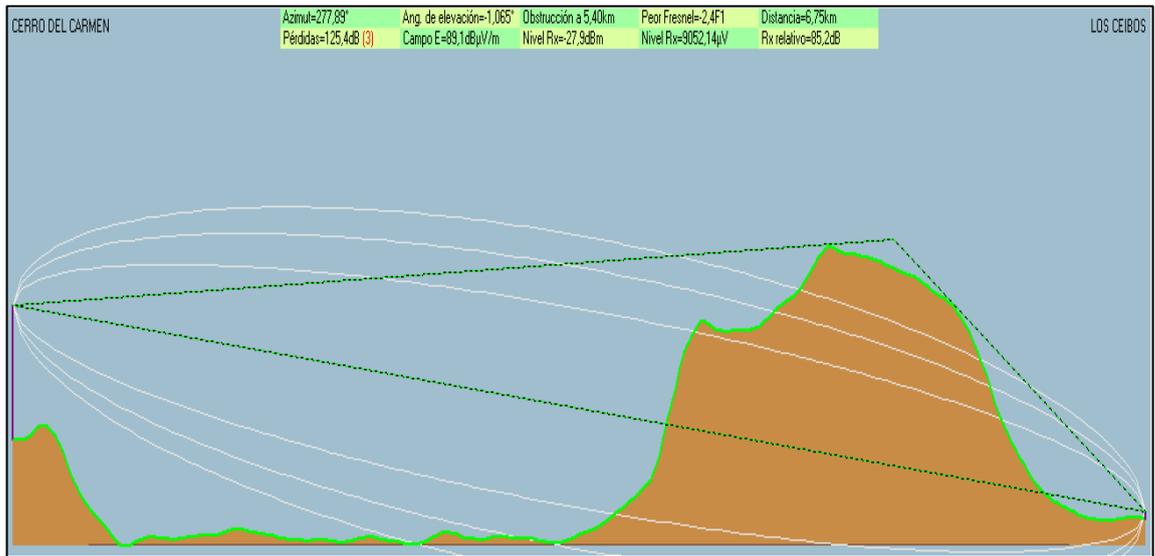


Figura 3. 4: Obstrucción vista por el software RadioMobile  
Elaboración propia

Los indicadores que nos brinda el software en valores de propagación que se dan a conocer en un punto específico de estudio en el sector de los Ceibos. Que se registra en la tabla 3.4

Tabla 3. 4: Valores de propagación Cerro del Carmen – Ceibos

Zona de Obstrucción entre Cerro Del Carmen y Sector de los Ceibos				
Azimut Norte	Ang. De Elevación	Obstrucción (distancia)	Zona de Fresnel	Distancia
277,89°	-0.83°	5,40 km	22.8 m	6,75 km
Azimut Magnético	Nivel de Recepción	Perdida de Propagación	Obstrucción (Propagación)	Variación de altitud
280,01°	15.4db	105,4db	64.3db	176,9 m

Elaboración propia.

### 3.4. Análisis de posibles puntos de Repetidoras

Debido a las dificultades por las zonas geográfica del sector se realizan propuestas de repetidoras para llegar con línea de vista al sector de los ceibos.

### 3.4.1. Repetidora sector Cumbres Alto en el edificio del mismo nombre

Unos de los sitios donde se podría instalar una repetidora es en la azotea del Edificio Cumbres Alto con una altura de 34m ubicado en calle 11 y 17BNO por la Sub-Estación Las Cumbres debido a su ubicación y altura del edificio nos podría dar una línea de vista al sector de los ceibos tal como lo muestra en la figura 3.5.

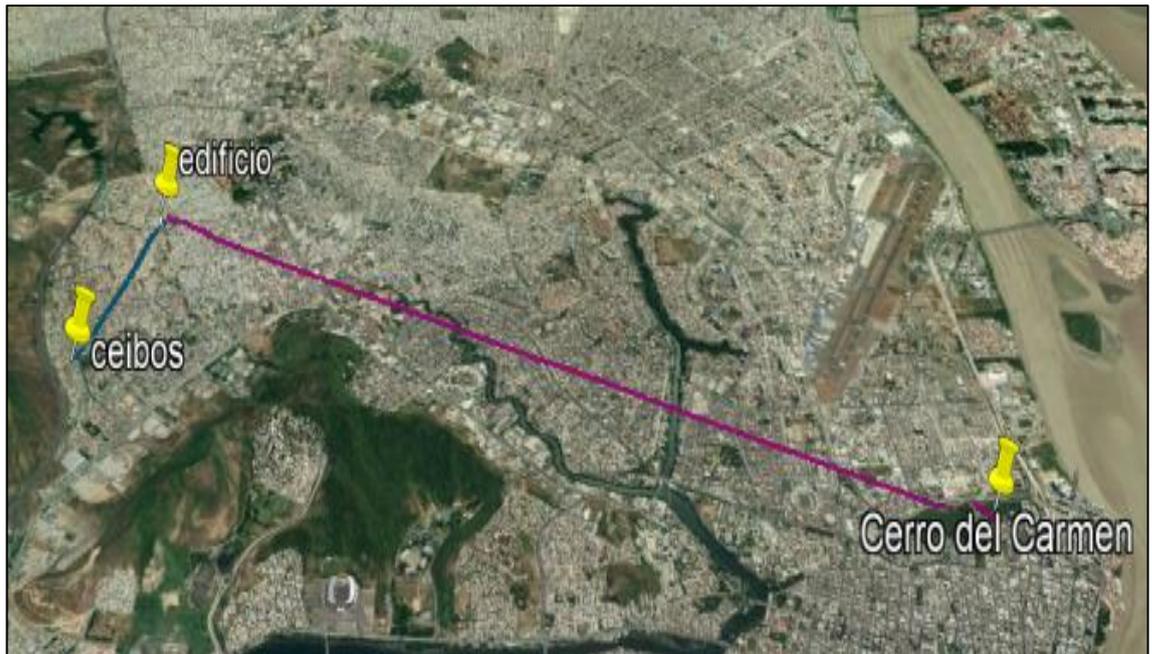


Figura 3. 5:Tramo Cerro del Carmen-Edificio- Ceibos  
Elaboración propia en base a GoogleEarth



Figura 3. 6: Tramo Cerro del Carmen-Edificio- Ceibos vista desde el Simulador  
Elaboración propia

### 3.4.2. Viabilidad de Línea de Vista entre el Cerro del Carmen, Edificio Cumbres Alto y Sector de los Ceibos

Una vez realizado el tramo entre Cerro del Carmen y el edificio Cumbres Alto se realiza la simulación para descartar o aseverar su viabilidad, en la Figura 3.7 se determina que efectivamente la línea de vista es viable en ese tramo, ahora debemos determinar si lo mismo ocurre en el tramo del Edificio y el sector de Ceibos.

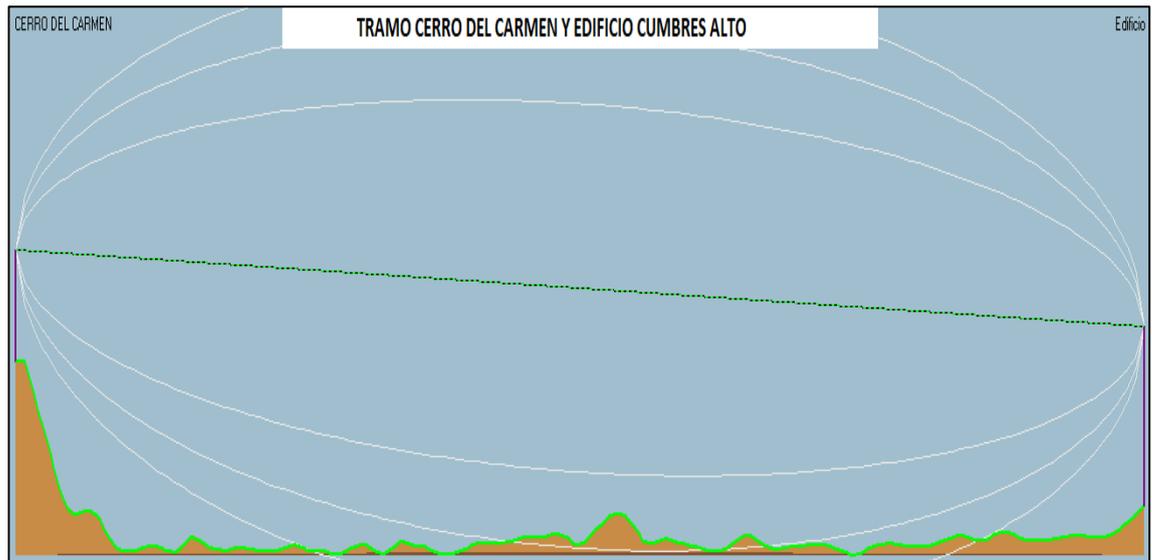


Figura 3. 7: Tramo Cerro del Carmen – Edificio Cumbres Alto desde el Simulador  
Elaboración propia

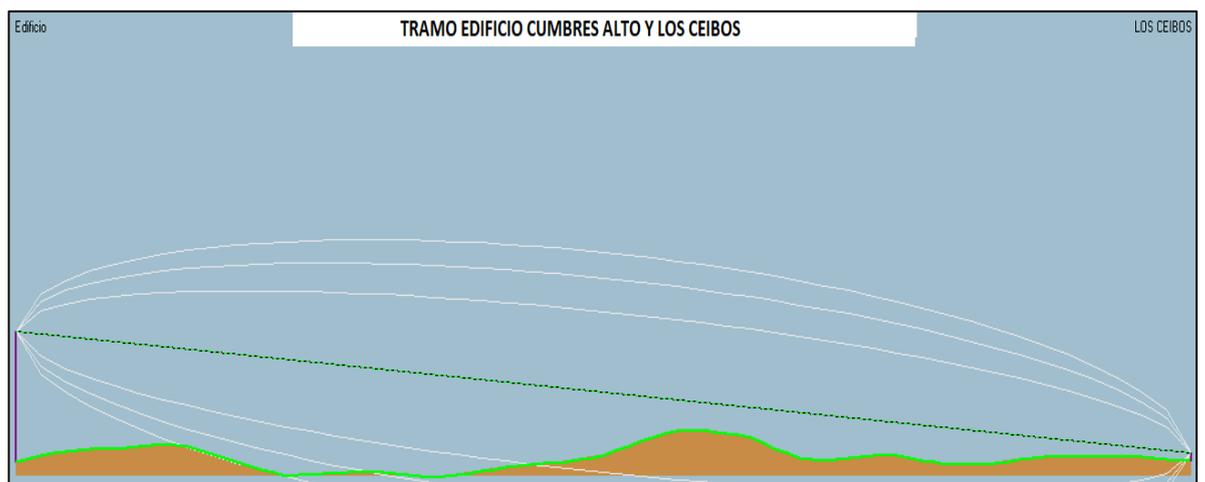


Figura 3. 8: Tramo Edificio Cumbres Alto - Ceibos desde el Simulador  
Elaboración propia

### 3.4.3. Repetidora Gap Filler en el Cerro Azul

De igual manera, se puede instalar una repetidora en el Cerro azul

debido a que es el punto alto en Guayaquil con aproximadamente 400mt de altura donde existe varias antenas repetidoras de muchos sistemas por eso la aglomeración de antenas a simple vista, en la figura 3.9 podemos visualizar el tramo desde el Cerro del Carmen pasando por el Cerro Azul y el sector de los ceibos por GoogleEarth.



Figura 3. 9: Tramo Cerro Del Carmen-Cerro Azul-Ceibos  
Elaboración propia en base a GoogleEarth

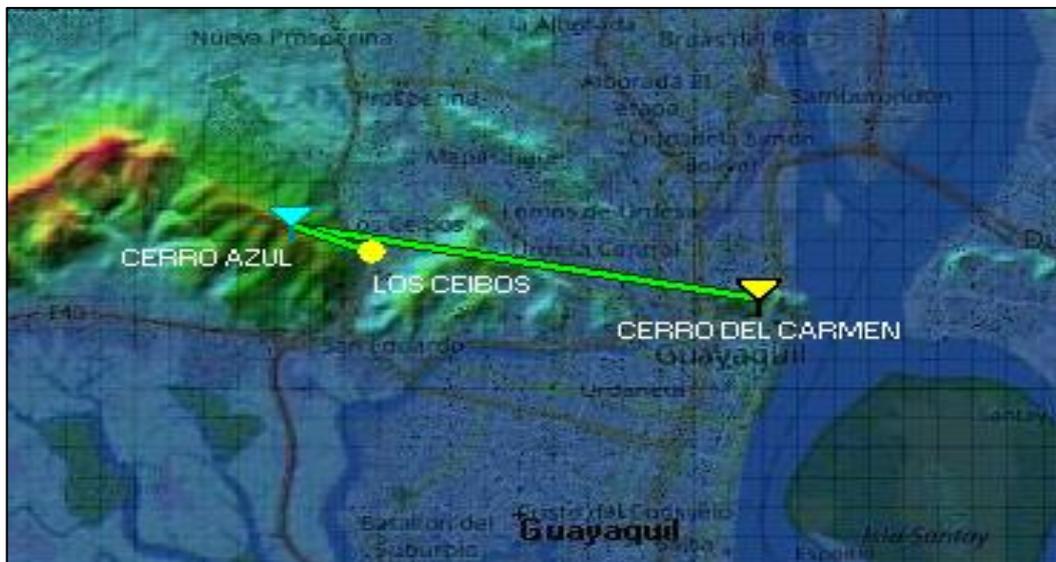


Figura 3. 10:Tramo Cerro Del Carmen-Cerro Azul-Ceibos desde el Simulador  
Elaboración propia

#### 3.4.4. Viabilidad de Línea de Vista entre el Cerro del Carmen, Cerro Azul y los Ceibos

Debido a la altura del Cerro Azul tiene una gran ventaja con respecto a

los otros puntos, la distancia más larga esta en este trayecto desde el Cerro del Carmen al Cerro Azul que es de 11.74 km y del Cerro Azul a los Ceibos es una distancia relativamente corta de 1.52 km aproximadamente, tal como se muestra en las figuras 3.11 y 3.12.

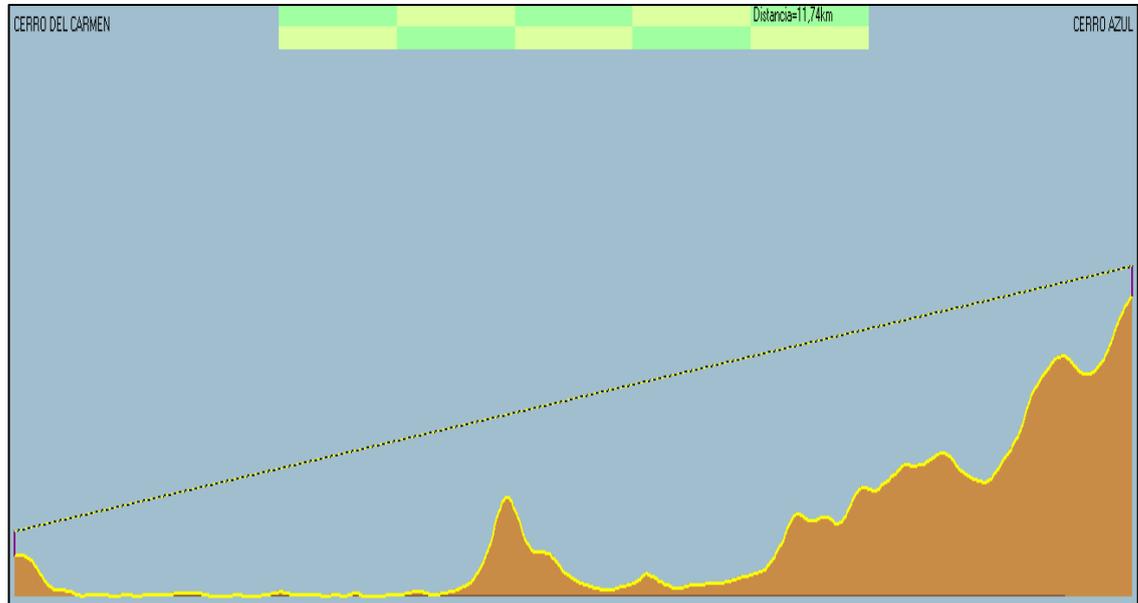


Figura 3. 11: Línea de Vista Cerro del Carmen – Cerro Azul desde el Simulador  
Elaboración propia

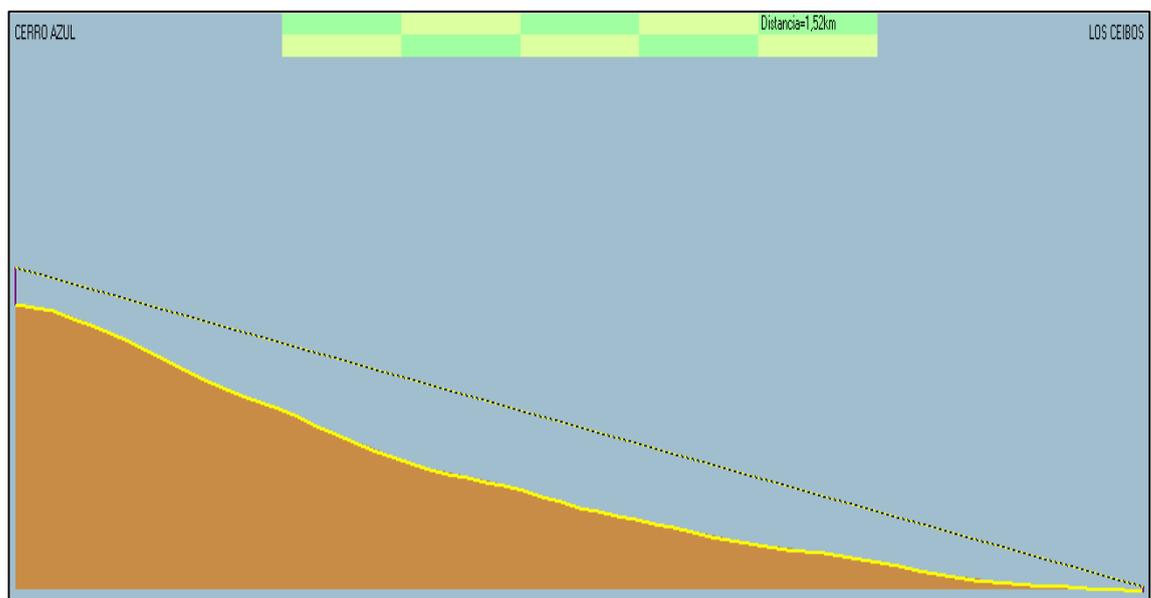


Figura 3. 12: Línea de Vista Cerro Azul-Los Ceibos desde el Simulador  
Elaboración propia

Se puede apreciar como origen el Cerro del Carmen y destino Los Ceibos de cada punto que se escogió como referencias, las trayectorias hacia su destino con sus respectivas coordenadas, alturas y distancias.

Tabla 3. 5: Referencias de origen y destino del trayecto Cerro del Carmen - Ceibos

ORIGEN			REFERENCIAS						DESTINO				
CERRO DEL CARMEN	COORDENADAS		ALTURA MT(aprox)	DISTANCIA KM (aprox)	P.REFEREN CIA	COORDENADAS		ALTURA MT(aprox)	DISTANCIA KM(aprox)	COORDENADAS		ALTURA MT(aprox)	CEIBOS
	LONGITUD	LATITUD				LONGITUD	LATITUD			LONGITUD	LATITUD		
	79°52'54.99"O	2°10'47.65"S		6,78	EDIFICIO	79°56'25.88"O	2°9'16.69"S	55	2,39	79°56'42.41"O	2°10'6.48"S		
			11,74	CERRO AZUL	79°57'21.70"O	2°9'59.74"S	400	1,52					

Elaboración propia

### 3.5. Parámetros de los equipos

Para optimizar la recepción del canal y eliminando la realimentación, la señal de entrada se convierte a frecuencia intermedia y luego ser convertida nuevamente, a la frecuencia original para luego amplificar hasta la potencia de emisión y se envía a la antena para su transmisión. Debido a que funciona la misma frecuencia, los parámetros de operación de gap-filler tiene requisitos en cuanto aislamiento entre la entrada y la salida del reemisor, también el nivel mínimo de señal a la entrada, así como la ganancia.

Es necesario recibir suficiente nivel de señal múltiple que se desee reemitir la isofrecuencia para TDT cubriendo los huecos en la cobertura de una red ISDB-Tb. La señal se recibe por una antena de recepción y, una vez filtrada y amplificada se emite por una antena de emisión en el mismo canal por el que se ha recibido. En las siguientes tablas se presentan los parámetros técnicos de los equipos transmisores y el reemisor.

Tabla 3. 6: Parámetros de equipo de transmisión

Parámetros de equipos de transmisión	
Frecuencia de operación	659 – 662 MHz
Ancho de Banda	6 MHz
Antena	Arreglo de 20 paneles UHF
Patrón de radiación	Omnidireccional
Ganancia	11.3 dB
Perdidas	2 dB
Potencia	3.26 KW
Modulación	QPSK y QAM
Intervalo de Guarda	1/8
FEC	2/3

Formato de operación	HDTV (1080i)
Modo de operación	8K

Elaboración propia

Tabla 3. 7: Parámetros del gap-filler

<b>Parámetros del gap-filler equipos de reemisor</b>	
Polarización	Horizontal
Patrón de radiación	Azimuth Omnidireccional
Ganancia antena	15 dBi
Impedancia	50 Ohm
Voltaje entrada	12 Vdc
Sensibilidad	36.9 dBuv/m
Máxima carga	25.7 dBuv/m
Temperatura de operación	-45 C a 50 C
Dimensiones	12.75 x 12.75 x 16.25 cm

Elaboración propia

El comportamiento de la ganancia de la antena depende exclusivamente de la frecuencia que se está realizando la medición y es directamente proporcional a dicho parámetro.

### **3.6. Análisis de las dos propuestas de factibilidad.**

Una vez analizados las dos propuestas factibles tanto en el edificio Ceibos Altos como en el Cerro Azul, podría indicar que es más factible instalar una repetidora en el Cerro Azul debido a su altura y la cercanía al sector de los ceibos del punto de estudio, teniendo en cuenta la existencia de varias antenas y por ende lo factible que es incluso con el alquiler de una torre que más convenga en términos económicos para la instalación de un repetidor gap-filler

Por estas razones es más viable incluso por las nuevas urbanizaciones colindantes vía a la costa y las futuras acentuaciones poblacionales que son constantes.

## CONCLUSIONES

- Se determinó los parámetros técnicos tomando en cuenta las antenas transmisoras en el Cerro del Carmen para la cobertura de la señal TDT hasta el área de zona sombra de la urbanización Los Ceibos utilizando un Gap Filler, considerando la obstrucción del Cerro San Eduardo cuya longitud es de 2.5 Km con una altura de que fluctúa entre 150 y 205 metro sobre el nivel del mar, demostrando la factibilidad técnica de la propuesta.
- Se elaboró un estudio de zonas sombra con la respectiva simulación utilizando la aplicación Radio Mobile para la cobertura de una señal de TDT (Televisión Digital Terrestre) considerando los transmisores ubicados en el Cerro del Carmen y las obstrucciones de línea de vista.
- Se recopiló datos y recursos tecnológicos para la realización de las mediciones de campo en un esquema de Red de Frecuencia Única que garantice una transmisión de calidad óptima de TDT (Televisión Digital Terrestre) en el sector de Los Ceibos.

## **RECOMENDACIONES**

- Debido a la problemática que existe en el sector se realizan dos propuestas a consideración la primera y más factible por su ubicación y de tal forma se puede llegar a otros puntos de zona sombra como son las nuevas urbanizaciones en vía la costa, es la instalación de equipos con tecnología Gap-fillers con tecnología ISDB-Tb en el Cerro Azul el otro punto es instalar una repetidora en la azotea del edificio Cumbres alto con un costo más elevado.

## REFERENCIAS

- Aguirre, G. D., & Benítez, E. (2016). Diseño de una Red de Frecuencia Única (R.F.U.) para operación de un canal de televisión UHF en la ciudad de Guayaquil. Guayaquil: SPOL.
- Aguirre, G. D. (2018). Red de Frecuencia Única en el estándar ISDB-TB. Espacios, 29.
- Andreotti, J. I. (21 de agosto de 2015). ingenieroandreotti. Obtenido de [https://ingenieroandreotti.blogspot.com/2015/08/que-es-el-ber-bit-error-rate\\_21.html](https://ingenieroandreotti.blogspot.com/2015/08/que-es-el-ber-bit-error-rate_21.html)
- ATSC. (15 de Diciembre de 2011). TSC Digital Television Standard – Part 2: RF/Transmission System Characteristics. Washington, D.C. 20006, EEUU.
- Burbano, B., & Cruz, C. (2008). Libray. Popayan: Universidad del Cauca.
- Chie, S., Zambrano, M., & Medina, C. (2015). Estándares actuales de televisión digital. prisma Tecnológico Vol. 6., 5.
- Collins. (2002).
- Collins, G. (2001). Fundamentals of Digital Television Transmission. New York: JOHN WILEY & SONS, INC.
- Collins, G. G. (2001). Fundamentals of Digital Television Transmission. En P. Gerald W. Collins, Fundamentals of Digital Television Transmission. (pág. 12). New York: JOHN WILEY & SONS, INC.
- Collins, G. W. (2001). Fundamentals of Digital Television Transmission. New York: JOHN WILEY & SONS, INC.
- Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL. (2010). Resolución 084-05-CONATEL-2010. Quito: Registro Oficial.
- Dibsys, C. H. (23 de Marzo de 2018). dibvision. Obtenido de <http://www.dibvision.es/info/world-wide-digital-tv-standard-introduction-25209241.html>
- ECUATRONIX. (2017). Informe de mediciones de campo. Técnico, Guayaquil.
- Ecuatronix, L. C., & Cia, E. (2017). Medición de la intensidad de campo eléctrico de la señal de UCSGTV TDT. Guayaquil: ECUATRONIX.
- El secreto de de Zara. (16 de marzo de 2009). El secreto de Zara. Obtenido de <http://elsecretodezara.blogspot.com/2009/03/la-television-digital-terrestre-tdt.html>
- Gómez, B. D., & López, S. J. (2013). Funcionalidades avanzadas de DVB-T2. Valencia, España: Hologramática – Facultad de Ciencias Sociales – UNLZ –

Año X.

- González, U., Navarrete, H., & Díaz, H. (2015). Implementación de entrelazador en el dominio del tiempo para modulador DTMB. *Telem@tica*. Vol. 14. No. 3, 3.
- Holguin, H. (2010). Levantamiento de mediciones y pruebas de laboratorio para estándar de televisión digital. Quito: Escuela Politécnica Nacional.  
[http://es.wikitel.info/wiki/Televisión\\_digital\\_terrestre](http://es.wikitel.info/wiki/Televisión_digital_terrestre). (s.f.).
- López, S. (2018). Simulación y Corrección de Zonas de Sombra para Estaciones de Televisión Digital Terrestre en la Ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Lopez, M. (2018). Simulación y corrección de zonas sombra para estaciones de televisión digital terrestre en la ciudad de Cuenca provincia del Azuay. Guayaquil: UCSG.
- Mintel. (1 de Enero de 2017). *tdtecuador*. Obtenido de <https://tdtecuador.mintel.gob.ec/>
- Pérez, M. Y. (2014). Implementación de bloques de codificación de canal para la transmisión de televisión digital terrestre usando sistemas de código abierto. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas: Santa Clara.
- Pisciotta, N. O. (2010). Sistema - ISDB-T. CIADE-IT-UBP.
- Santra Cruz, O. M. (2010). Trasmisión de Modelación de Aplitud .
- Semanario, B. (1 de Enero de 2008). *bejar.biz*. Obtenido de <https://bejar.biz/node/4263>
- Supertel. (2009). Aplicaciones Interactivas Para la TDT. Quito.
- Zapata, M. (2201). *SYSCOM*. Obtenido de <https://soporte.syscom.mx/es/articulos/2334170-modulacion-qam>

## Glosario de Siglas

ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
ATSC	Estándar de Televisión digital de los Estados Unidos
BERT	Bit Error Rate Test o Tester
Bit Rate	Número de bits que se transmite
BST	Transmisión de banda segmentada
BW	Ancho de banda
C/N S/N	Carrier-to-Noise Ratio
C/N	Relación portadora/ruido en Radio frecuencia
COFDM	Codificador de modulación por División Ortogonal
CONATEL.	Consejo Nacional de Comunicaciones
CW	Onda Continua
dB	Decibelio es una expresión logarítmica
dBi	Ganancia de antena en dB
DCT	Transformada Discreta del Coseno (Discrete Cosine Transforma)
DQPSK	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria. (Quadrature Phase Shift Keying)
DTMB	Estándar Chino de Televisión Digital Terrestre
DVB	Transmisión de video Digital (Digital Video Broadcasting)
FEC	Corrección de errores hacia
FFT	Transformada rápida de Fourier
HDTV	Televisión de Alta Definición
ICI	Interferencia entre portadoras
IFFT	Transformada inversa de Fourier
ISDBT	Estándar Japonés de Televisión Digital
MER	Tasa de error de modulación
MFN	Multiple Frequency Network
MPEG	Estándar para la compresión de imágenes.
NTSC	Sistema de codificación y transmisión de Televisión a color

	analógica desarrollado en Estados Unidos
OFDM	Modulación por División ortogonal
PER	Potencia isotrópica radiada
QAM	Modulación por desplazamiento de fase
QPSKB	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria
RF	Radio Frecuencia
SD	Definición Estándar similar a una señal analógica
SFN	Red de frecuencia Única
SP, SI	Imágenes Switching P, Switching I
SRTM	Huttle Radar Topography Mission
TDS	Time Domain Sinchronization
TDT	Televisión Digital Terrestre
TV	Televisión
TVD.	Televisión Digital
UHF	Parte del espectro radioeléctrico de 300
UVLC	Codificación de longitud variable universal
VHF	Parte del espectro radioeléctrico de 300 a 3000 MHZ (Very High Frequency)
VSB	Banda Lateral

## Anexo 1

### Analizador ETH

Con este equipo se realizan las mediciones de cobertura de la señal digital bajo el formato DVB-T, DVB-H e ISDB-T en transmisiones de baja potencia o Gap Filler. Se utiliza el analizador de campo eléctrico, el más utilizado en nuestro medio es el analizador ROHDE&SCHARZ ETH es un dispositivo portátil que permite realizar múltiples mediciones de cobertura de campo de señales de Televisión Digital.

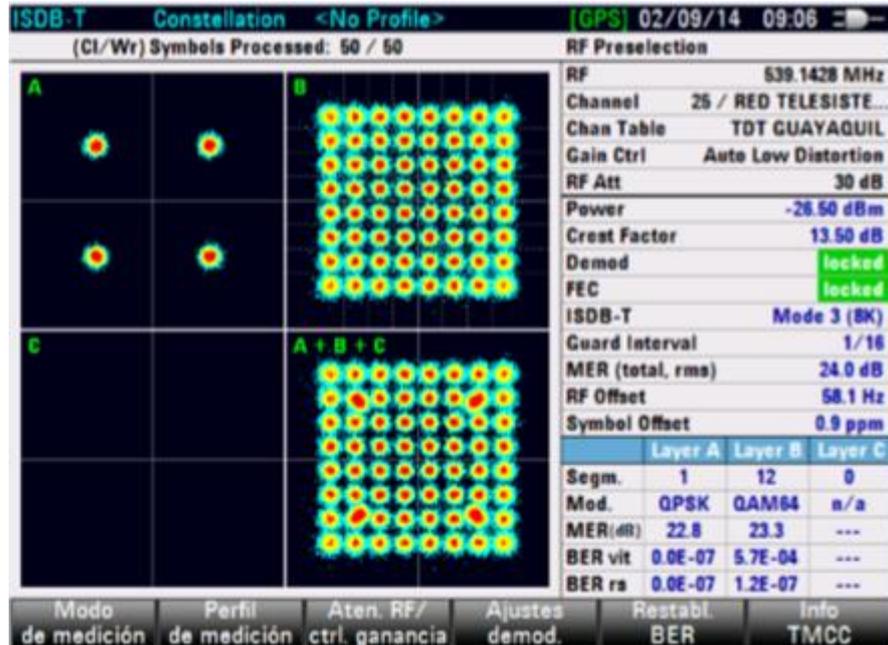
Analizador ETH Promax



Este dispositivo mide y detecta los diagramas de constelación y parámetros de las distintas modulaciones con las que opera TDT, es decir QPSK, DQPSK, 16 QAM y 64 QAM. Entre dichos parámetros nos permite identificar el modo de operación del sistema.

## Diagrama de Constelación

Los valores que se observan son un ejemplo de cómo los muestran en el equipo sin embargo no forman parte del Trabajo de Titulación.



Valores que presenta el analizador el cual está de modo didáctico

<b>RF</b>	<b>539.1428 MHz</b>
<b>Channel</b>	<b>25 / RED TELESISTE...</b>
<b>Chan Table</b>	<b>TDT GUAYAQUIL</b>
<b>Gain Ctrl</b>	<b>Auto Low Distortion</b>
<b>RF Att</b>	<b>30 dB</b>
<b>Power</b>	<b>-26.50 dBm</b>
<b>Crest Factor</b>	<b>13.50 dB</b>
<b>Demod</b>	<b>locked</b>
<b>FEC</b>	<b>locked</b>
<b>ISDB-T</b>	<b>Mode 3 (8K)</b>
<b>Guard Interval</b>	<b>1/16</b>
<b>MER (total, rms)</b>	<b>24.0 dB</b>
<b>RF Offset</b>	<b>58.1 Hz</b>
<b>Symbol Offset</b>	<b>0.9 ppm</b>



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Vistin Ortiz, Jefferson Rigoberto** con C.C: **092229074-7** autor del Trabajo de Titulación: **Estudio de factibilidad técnica para la cobertura de la zona sombra Televisión Digital Terrestre (TDT) aplicado en el sector de los Ceibos**, previo a la obtención del título de **Ingeniero En Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 7 de marzo de 2022

**Vistin Ortiz, Jefferson Rigoberto**

**C.C: 0922290274-7**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Estudio de factibilidad técnica para la cobertura de la zona sombra Televisión Digital Terrestre (TDT) aplicado en el sector de los Ceibos		
<b>AUTOR(ES)</b>	Vistin Ortiz, Jefferson Rigoberto		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	M. SC. Bayardo Bohórquez, Escobar Celso		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería En Telecomunicaciones		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniería En Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	7 de marzo del 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	55
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Televisión Digital Terrestre, Zona Sombra		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	zona sombra, TDT, gap filler, red frecuencia única, factibilidad técnica, transmisores.		
<p>El presente Trabajo de Titulación tiene como finalidad la elaboración de un estudio sobre la factibilidad técnica para la extensión de señal Televisión Digital Terrestre (TDT) de la zona sombra que está ubicada geográficamente en el sector de Los Ceibos de la ciudad de Guayaquil, para ello se recopilara la información en la medición de cobertura de propagación de una señal referenciando los parámetros de los transmisores ubicados en el "Cerro del Carmen" con la finalidad de presentar un propuesta de intervención de un esquema de Red de Frecuencia Única para la instalación de gap filler y lograr la cobertura total en el área en estudio. El trabajo se orienta a que con el análisis técnico se demostrara la factibilidad y beneficio con respecto a la cobertura de los canales de televisión en el sector en análisis. Para cumplir con los objetivos se utilizará una metodología descriptiva, no experimental y analítica-sintética con enfoque cuantitativa y cualitativa. Los beneficiarios del producto de este trabajo de fin de grado será la comunidad académica y los usuarios de la TDT, ya que tendrán a su disposición para futuras consultas bibliográficas. Con estos parámetros se espera cubrir la necesidad de obtener una cobertura optima de la señal de televisión digital terrestre (TDT) eliminando las zonas sombras en el área de los Ceibos</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 986665867	E-mail: <a href="mailto:jeffersonvistin@gmail.com">jeffersonvistin@gmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> +593-9-67608298		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			