

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO DE UN CANAL DE TELEVISIÓN PARA  
LA UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS EN LA SEDE DE VILLAVICENCIO**

**SEBASTIAN ALEJANDRO TAFUR CORREA**

**UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS FACULTAD INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**BOGOTA DC**

**2019**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO DE UN CANAL DE TELEVISIÓN PARA  
LA UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS EN LA SEDE DE VILLAVICENCIO**

**SEBASTIAN ALEJANDRO TAFUR CORREA**

**Proyecto de grado con el fin de obtener el título de Ingeniero Electrónico.**

**TUTOR DEL PROYECTO**

**Ing. MARCO ANTONIO VEGA TORRES**

**UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS FACULTAD INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**BOGOTA DC**

**2019**

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

**RECTOR GENERAL R.P.**

FRAY JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMANCA, O.P.

**VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO GENERAL**

R.P. FRAY LUIS FRANCISCO SASTOQUE POVEDA, O.P.

**VICERRECTOR ACADÉMICO GENERAL**

R.P. FRAY MAURICIO ANTONIO CORTÉS GALLEGO, O.P.

**SECRETARIO GENERAL**

Dr. HÉCTOR FABIO JARAMILLO SANTAMARIA

**DECANO DIVISIÓN DE INGENIERÍAS**

FRAY LUIS ANTONIO ALFONSO VARGAS, O.P.

**SECRETARIA DE DIVISIÓN**

E.C. MYRIAM GÓMEZ COLMENARES

**DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

ING. CARLOS ENRIQUE MONTENEGRO NARVÁEZ

NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

---

---

---

Tutor: Ing. Marco Antonio  
Vega Torres

---

Jurado: Ing. Jaime Vitola Oyaga

---

Jurado: Ing. Fabián Eduardo  
Pérez Gordillo

## ADVERTENCIA

La Universidad Santo Tomás no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados en el trabajo de grado, solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no tenga ataques personales y únicamente se vea el anhelo de buscar la verdad científica.

***Capítulo III – Art. 46 del Reglamento de la Universidad Santo Tomás.***

## DEDICATORIA

*Este trabajo en primer lugar está dedicado a Dios, y a todas aquellas personas que me apoyaron e hicieron que fuera posible este logro.*

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de grado lo dedico primero que todo a lo más importante en la vida que es Dios, seguido de mis padres que me apoyaron para llegar hasta este momento, también a todos los profesores de la Universidad que participaron en mi proceso de aprendizaje y a todas los compañeros y personas que de una u otra manera contribuyeron a que mi conocimiento se nutriera mucha más

## TABLA DE CONTENIDO

1. Título del proyecto:.....	13
2. Planteamiento del problema: .....	13
3. Justificación:.....	14
4. Objetivos .....	15
4.1 Objetivo general .....	15
4.2 Objetivos específicos .....	15
5. Estado del arte: .....	16
6. Marco conceptual.....	20
6.1 Espectro Electromagnético .....	20
6.1.1 Espectro Radioeléctrico .....	21
6.2 Fenómenos físicos de las ondas electromagnéticas .....	22
6.2.1 Reflexión.....	22
6.2.2 Refracción .....	22
6.2.3 Interferencia .....	22
6.2.4 Difracción.....	23
6.3 Modelos de propagación de ondas electromagnéticas:.....	23
6.3.1 Modelo Okomura y Hata .....	25
6.4 Sistemas de Telecomunicaciones .....	26
6.5 Antena .....	27
6.6. Enlaces Microondas .....	29
6.7. Enlaces Satelitales .....	29
6.8. Entidades regulatorias en Colombia para el uso del espectro radioeléctrico .....	29
6.9 Televisión Analógica.....	31
6.10 Televisión digital terrestre.....	31
6.10.1 Estándares de Televisión.....	31
6.10.1.1 Estándar europeo (DVB-digital video broadcasting) .....	32
6.10.1.2 Estándar norteamericano ATSC (Advanced Television System Comitte). .....	33
6.10.1.3 Estándar japonés ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting). .....	34
6.10.1.4 Estándar chino: DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast). .....	34
6.11 Distribución a nivel mundial de los estándares de televisión .....	35
7. Viabilidad:.....	35
8. Diseño metodológico:.....	36

9. Cronograma: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
10. Radiación: .....	37
10.1 Características del Territorio De Radiación.....	37
10.2 Mapa geopolítico de la ciudad de Villavicencio .....	38
10.3 Trayectorias desde el punto de transmisión hacia el punto más lejano de recepción y la sede central de la Universidad Santo Tomas .....	39
10.4 Distancia desde el punto de transmisión al punto de recepción lejano .....	40
10.5 Frecuencias Disponibles .....	40
10.6 Simulación de radiación en la ciudad de Villavicencio realizado por la compañía ABE...42	
10.7 Parámetros que se utilizaron para realizar la simulación.....	43
10.8 Trasmisor de Radiación dado por la compañía ABE .....	43
10.8.1 Especificaciones generales del transmisor .....	44
10.9 Simulación de radiación en la ciudad de Villavicencio realizado por la compañía Broadcast Depot.....	45
10.9.2 Patrón de radiación.....	46
10.10 Conector transmisor antena .....	47
10.10.1 Especificaciones técnicas del conector .....	47
10.11 Atenuación del espacio libre.....	48
10.12 Cable conexión antena con transmisor.....	49
10.12.1 Especificaciones técnicas del cable.....	50
10.12.4 Atenuación del cable asociada a la frecuencia de transmisión .....	52
10.13 Potencia de Transmisión.....	52
Atenuación de distribución .....	53
11. Enlace de microondas.....	53
11.1 Enlace de microondas digital con cálculo teórico de Propagación realizado por la empresa Broadcast Depot .....	58
12. Enlace satelital .....	62
13. Cotizaciones.....	69
13.1 Cotización N° 1 (ABE-ADVANCED BROADCASTING ELECTRONICS) .....	69
13.2 Cotización N° 2 (BROADCAST DEPOT) .....	71
13.3 Análisis de cotizaciones.....	73
13.4 Proveedor Producción.....	74
13.5 Descripción equipos de producción .....	76
13.5.1 Mezclador MCX-500.....	76
14. Impacto social .....	90
15. Conclusiones.....	91
16. Trabajo futuro.....	92
17. Bibliografía: .....	93

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Espectro electromagnético	20
Figura 2 Espectro Radioeléctrico	21
Figura 3 Ilustración modelo de la ley del cuadrado inverso	24
Figura 4 Esquema del sistema de transmisión	26
Figura 5 Antena VHF LB 14 de la compañía ABE Elettronica.	28
Figura 6 Diagrama de radiación para la antena VHF LB 14	28
Figura 7 Distribución por estándares de la TDT en el mundo	35
Figura 8 Mapa geopolítico de la ciudad de Villavicencio.	38
Figura 9 Trayectorias entre el punto de transmisión (campus Universidad Santo Tomas) con el punto de recepción lejano Y la universidad santo tomas sede central Villavicencio.	39
Figura 10 Canalización de la banda de televisión	41
Figura 11 Simulación de radiación realizada por la compañía ABE	42
Figura 12 Transmisor de radiación	43
Figura 13 Especificaciones técnicas del transmisor de radiación	44
Figura 14 Simulación de radiación realizada por la compañía Broadcast Depot	45
Figura 15 Patrón de radiación de la antena de TV UHF ERI ALP-P.	46
Figura 16 Conector DIN 7/16 (Hembra) 50 Ohm para Cable de 1/2" (Tipo Heliax) SuperFlex.	47
Figura 17 Características técnicas de Conector DIN 7/16 (Hembra) 50 Ohm para Cable de 1/2" (Tipo Heliax) SuperFlex.	47
Figura 18 Cable coaxial HELIAX AVA5-50FX Andrew Virtual Air™ Coaxial Cable, corrugated copper, 7/8 in	49
Figura 19 Especificaciones técnicas del cable	50
Figura 20 Especificaciones eléctricas y ambientales del cable	51
Figura 21 Cálculo de la atenuación del cable con respecto a la frecuencia en Mega Hertz	52
Figura 22 Recorrido entre el campus y la sede central	54
Figura 23 Perfil de elevación del campus a la sede central	55
Figura 24 Recorrido entre el campus y el punto de recepción lejano	56
Figura 25 Perfil de elevación del campus al punto de recepción más lejano	57
Figura 26 Enlace de microondas realizado por la empresa Broadcast Depot	58
Figura 27 Simulación de la orientación de la antena al satélite SES-6	66
Figura 28 Análisis de cotizaciones	73
Figura 29 Mezclador MCX-500	76
Figura 30 Mezclador MCX-500	77
Figura 31 Monitor Full HD LCD Sony LMD-B 17"	77
Figura 32 Mando a distancia RM-30BP	78
Figura 33 Audífonos MDR-7506	78
Figura 34 Trípode RS-250DM	79
Figura 35 Estación Base UHF BTR-800 y Transceptores TR-825.	80
Figura 36 Unidad de disco ODS-D280U y discos regrabables ODC-1200RE	80

## **LISTA DE TABLAS**

<i>Tabla 1 Frecuencias disponibles en la ciudad de Villavicencio.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 2 Plan de distribución de canales para la banda 13 parte 1 .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 3 Plan de distribución de canales para la banda 13 parte 2 .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 4 Asignación de frecuencias del satélite SES-6.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 5 . Cotización de dispositivos para radiación y enlace satelital dada por la empresa ABE. ....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 6 Proveedor de producción .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 7 Escala salarial RTVC .....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 8 inversión inicial.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 9 valores arquitectura 2019-1.....</i>	<i>82</i>

## **1. Título del proyecto:**

Estudio de factibilidad técnico de un canal de televisión para la universidad santo tomas en la sede de Villavicencio

## **2. Planteamiento del problema:**

Una de las herramientas utilizadas para dar a conocer información a un público en específico es La promoción y divulgación de la misma, en el caso de las universidades motivando a los jóvenes y adolescentes a continuar con sus estudios de educación superior. La Universidad Santo Tomás gasta demasiado dinero en pautas publicitarias [anexo1]. La oferta académica de la universidad no cuenta con facultades relacionadas con las tecnologías de la información y comunicación [Anexo 2]; partiendo de una desventaja con respecto a otras universidades que si ofrecen los programas curriculares. [Anexo 3]

Actualmente la Universidad Santo Tomas sede Villavicencio no cuenta con una emisora propia. La comunidad de esta sede solo tiene acceso a la emisora que se trasmite por internet a través de la página de la universidad en su sede principal de la ciudad de Bogotá. Esta información que se transmite no les llega a todas las personas, solo a un grupo selecto que conoce la emisora debido a que no hay un medio de comunicación masiva para que se transfiera la información a toda la comunidad.

La falta de información es una de las circunstancias por las cuales las personas no acceden a la educación superior. Los contenidos en el canal serían temas institucionales y educativos para la comunidad en general, todo esto con el fin de tener más interacción con la comunidad generando espacios de cambio a tendencias sociales y culturales que se presentan actualmente en la ciudad tales como problemas de drogadicción, alcoholismo y falta de inclusión en el ámbito laboral; además de ir simultáneamente con la visión de la Universidad que busca hacia el 2027 la internacionalización siendo un referente a nivel mundial; se debe contar con un medio audiovisual en la ciudad de Villavicencio para contar con un beneficio que busca suplir el confort de las personas.

En las grandes ciudades del país se observa la desigualdad estudiantil, muchas personas quieren acceder a la educación superior, pero una de las principales razones por las cuales no acceden es por la falta de promoción y divulgación de los medios de las distintas universidades existentes en la ciudad, por tal motivo los adolescentes y jóvenes están expuestos a múltiples peligros que los padres no logran concebir, ignoran por completo problemas socioculturales presentados en la ciudad.

### **3. Justificación:**

La Universidad Santo Tomas sede Villavicencio no cuenta con ningún medio audiovisual para la comunicación institucional y ninguna de las emisoras locales transmite información sobre el claustro. Se hace necesario hacer un estudio de factibilidad técnico para un canal digital de televisión, dando todas las herramientas tales como equipos, cobertura y todo lo relacionado con la creación de este canal, asegurando que el canal será competente con los canales que actualmente se tienen en la ciudad.

Además de esto se dará la información pertinente a las personas de la ciudad y área metropolitana acerca de los avances educativos y tecnológicos que se tienen en esta sede de la universidad, teniendo un medio de comunicación directo con las personas lo cual hace que sea más fácil la interacción entre las partes.

Con el estudio de factibilidad técnico de un canal de televisión para la sede de Villavicencio de la Universidad Santo Tomás, se puede tener la oportunidad de contar con un medio propio de promoción. Esto permitirá una mayor integración entre las sedes de la universidad y así mismo generar espacios de participación de sus diferentes comunidades. Asimismo, se puede aportar a la sociedad nuevas temáticas y percepciones del mundo en el que se encuentran siendo este proyecto un precursor en la proyección social para la educación después del conflicto armado, ya que esta sede de la universidad en incursionar con este proyecto porque ninguna de las demás sedes cuenta con un canal de televisión.

## **4. Objetivos**

### 4.1 Objetivo general

Diseñar el estudio de factibilidad técnico del canal local sin ánimo de lucro de televisión digital para la Universidad Santo Tomas sede Villavicencio.

### 4.2 Objetivos específicos

Simular la propagación del canal de televisión para cubrir la ciudad de Villavicencio.  
Diseñar la estructura de costos de los equipos necesarios para el canal de televisión digital.

Realizar la documentación del procedimiento para la asignación de frecuencias para la prestación del servicio de Televisión Radiodifundido.

## **5. Estado del arte:**

Desde hace varios años la televisión en Colombia se ha convertido en el medio de comunicación masivo de mayor influencia en los hogares colombianos, gracias a esta gran acogida, se han creado nuevos canales de televisión para otro tipo de audiencia con un objetivo en común, este es el caso de los canales universitarios enfocados en la formación de ciudadanos críticos con sentido social.

Actualmente en el país existen siete canales universitarios los cuales son: Canal Universitario de Antioquia (Canal U), Canal de la U. Autónoma del Caribe, Canal Universitario Nacional Zoom, Canal Universitario de Nariño, Canal Universitario del Valle, Canal de la U. Autónoma del Pacífico y Canal U. de Cartagena. [16]

El primer canal universitario que presento una solicitud formal ante la comisión nacional de televisión fue el canal universitario de Antioquia en diciembre de 1997 la cual fue aprobada en junio de 1998 para poder emitir su señal en todo el territorio del valle de aburra, desde entonces se le fueron uniendo más universidades, las cuales vieron potencial en lo que estaba realizando la universidad de Antioquia con su canal de televisión por lo cual crearon sus canales universitarios. [16]

Se ha creado una asociación de canales universitarios del país para trabajar conjuntamente en temas comunes que hasta ahora se han trabajado por diferentes enfoques, con lo cual se quiere que todos los canales puedan tener la misma información y así transmitirla asertivamente entre sus audiencias y así sea más fácil la acogida entre toda la audiencia de los canales universitarios. [16]

Con esta asociación se busca planear proyectos en busca de que sustrasmisiones se puedan transmitir por medio digital, además de esto buscar reformas a la legislación, con el fin de obtener recursos de la comisión nacional de televisión para poder financiar nuevos proyectos que tengan los canales universitarios para mejorar cada vez más. [16]

El 28 de agosto del año 2008, la CNTV (comité nacional de televisión) informo que el estándar escogido para la televisión digital terrestre (TDT) era el DVB-T. Esta decisión se tomó después de un periodo en el que se estudiaron las ventajas y desventajas de cada uno de los estándares existentes en ese momento. Además, se informó que la compresión de video que se iba a utilizar para los servicios de la TDT era la MPEG-4. [4]

El primer país de América Latina que adoptó este estándar para la televisión digital terrestre fue Uruguay. La decisión de Colombia de adoptar el estándar DVB fue muy bien recibida por toda la comunidad europea, ya que en ese momento habían más de 40 países que habían adoptado este estándar. [4]

La inversión que se realizará al terminar toda la adopción del estándar será de noventa mil millones de pesos. El lanzamiento de todos los servicios por completo se tenía previsto para el año 2010. Las primeras emisiones de la TDT cubrieron aproximadamente once millones de hogares. [4], [7]

El gobierno colombiano a través de la Comisión Nacional de Televisión decidió optar por el estándar europeo para la implementación de la TDT en el país. Este estándar para el caso particular de Colombia no hace que se deban adquirir nuevos dispositivos que transmitan audio y video sino simplemente se deberá comprar un decodificador. Las primeras señales de Televisión Digital se comenzarán a transmitir en algunas ciudades en el año 2010. [7], [9]

Esta decisión de migrar hacia la televisión Digital Terrestre (TDT), esto implica bastantes esfuerzos en el ajuste de la red de transmisión que está a cargo de varios operadores de la televisión abierta tanto privada como pública; además del cambio en los mecanismos receptores en los hogares de los colombianos. [10]

Para disfrutar de la TDT televisión digital terrestre no se puede con un televisor analógico porque no soporta la tecnología de la digitalización de la televisión, para disfrutar de estos servicios debe comprarse un tv digital que tenga un sintonizador DVB.T2 incluido, además que cumpla con las características técnicas establecidas por la Comisión de Regulación de Comunicaciones para la operación de la TDT. [10]

Si se cuenta con un decodificador para televisores análogos o con tecnología digital lo cual hace que cumpla con las características técnicas que regula el estándar.

Esto es para los televisores que no cuentan con el sintonizador interno puedan sintonizar la TDT bajo el estándar DVB-T2. [10] [11]

Para realizar este proceso, los operadores de televisión deberán cubrir según el plan de expansión de la cobertura cada año un porcentaje gradual, para esto, todos los canales de televisión públicos Canal UNO, Señal Colombia y Canal Institucional, han recibido aportes económicos por parte del gobierno para comenzar a digitalizar a toda la televisión pública. [11]

Hay varios problemas que se presentan a la hora de planificar la aplicación del estándar como: diversidad de antenas, modulación jerárquica, mecanismos de corrección de errores en capa de aplicación, codificación de video escalable SVC, time Slicing, componente de transmisión satelital y gap-fillers, por eso cada vez se realizan nuevas alternativas para garantizar un mejor servicio. [14]

La (CNTV) Comisión Nacional de Televisión realizó el estudio para ratificar la actualización del estándar de televisión digital terrestre (DVB-T) por su más reciente versión (DVB-T2). Sin embargo, ambas señales coexistirán por tres años en las zonas donde ya funciona el primer sistema. [12]

Este estándar fue actualizado posteriormente al DVB-T2 con esta versión se mejoran muchos factores técnicos y Colombia hace la actualización mediante Acuerdo CNTV No. 04 de 2012, y mediante documentos expedidos por la CNTV SE ESTABLECE Y se reglamenta la prestación del servicio público de televisión digital terrestre. [13]

La TDT Televisión Digital Terrestre estará en todo el territorio nacional, de forma gratuita, gracias a que se aprobó un proyecto llamado DTH (Direct to home) el cual pone a disposición de los usuarios todos los canales públicos, tanto regionales como nacionales. El ministro del tic dijo que se estaba cumpliendo con el plan de vive digital 2010-2014, también que se cubrirá el cien por ciento del país con la televisión pública gratuita para todos los habitantes. [15]

En el año 2008 Uruguay había decidido optar por el estándar europeo DVB-T bajo el mandato del presidente Tabaré Vázquez, pero su sucesor José Mujica en 2010 anunció el cambio al modelo brasileño SBTVD. Esta decisión se tomó sin tener en cuenta los beneficios económicos ni las condiciones técnicas de los dos modelos, sino que fue por una razón geopolítica, ya que la mayoría de los países de la región ya habían adoptado ese estándar. [6]

A finales del año 2016 se inicia la tercera fase para la adquisición, instalación y puesta de los sistemas de transmisión, la cual fue adjudicada a la compañía Unión Temporal NEC Corporation y NEC de Colombia después de haber realizado la convocatoria para licitar sobre este contrato que se realizó en las instalaciones de la RTVC. Esta compañía pone en funcionamiento equipos que soportan el estándar DVB-T2, todo lo relacionado con los sistemas eléctricos, edificaciones para las 16 estaciones que darán cobertura a más de un 87 por ciento de todo el territorio colombiano. [5]

Actualmente en el departamento del Meta se encuentran los siguientes canales:

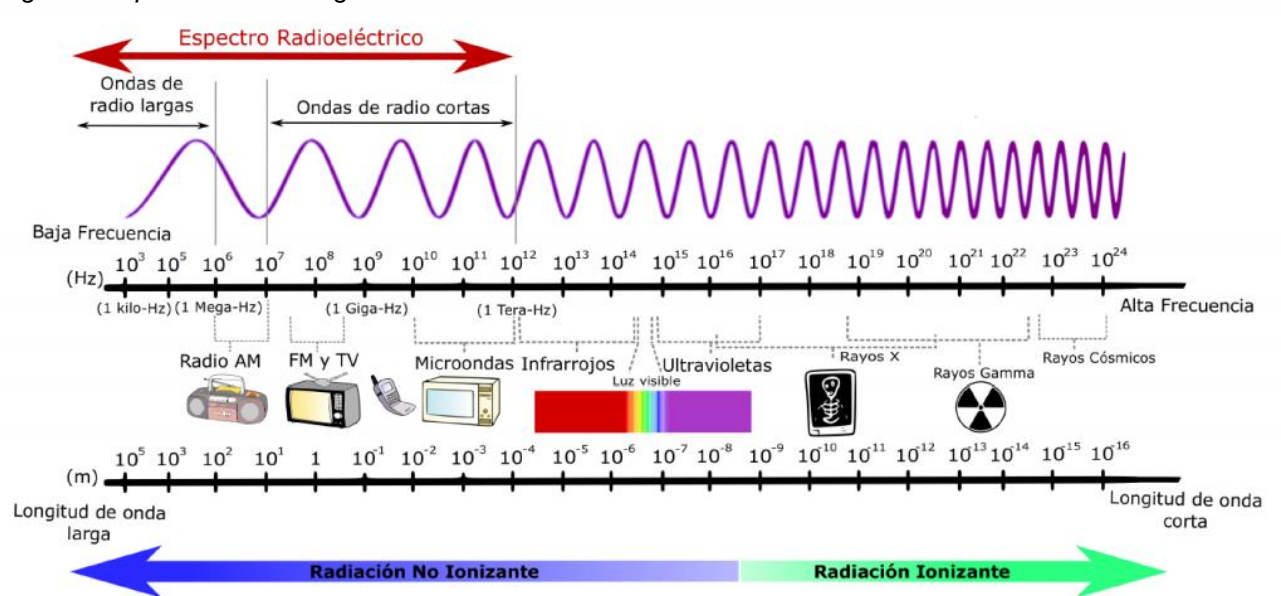
Cable Asteca, TV Cubarral, Parabólica de Cumaral, Satelcam, El Colono, Televisión del Ariari, A.T.V. SAT, Ovnivision, TV Mesetas, TV Gaitán, TV Hermosa, Asotvc 7 y Asotevi, estos dos últimos son canales comunitarios de la ciudad de Villavicencio, la Universidad Santo Tomás en la sede de Villavicencio no cuenta con ningún medio audiovisual por el cual transmita la información, además no cuenta con ningún estudio en el cual se desarrolle un proyecto relacionado con la emisión de televisión.[16]

## 6. Marco conceptual

### 6.1 Espectro Electromagnético

Los campos electromagnéticos variables son combinaciones de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, a esto se le denomina radiación electromagnética, para ello se distribuyeron todas las radiaciones electromagnéticas en rangos, esta clasificación depende de la energía que contengan las ondas electromagnéticas, esto va inversamente proporcional con la longitud de cada una de las ondas, a medida que la longitud de onda sea mayor, menor energía contendrá la misma. Las ondas electromagnéticas se pueden encontrar alrededor del Universo, los rangos para la clasificación de las ondas electromagnéticas son los siguientes:

Figura 1 Espectro electromagnético



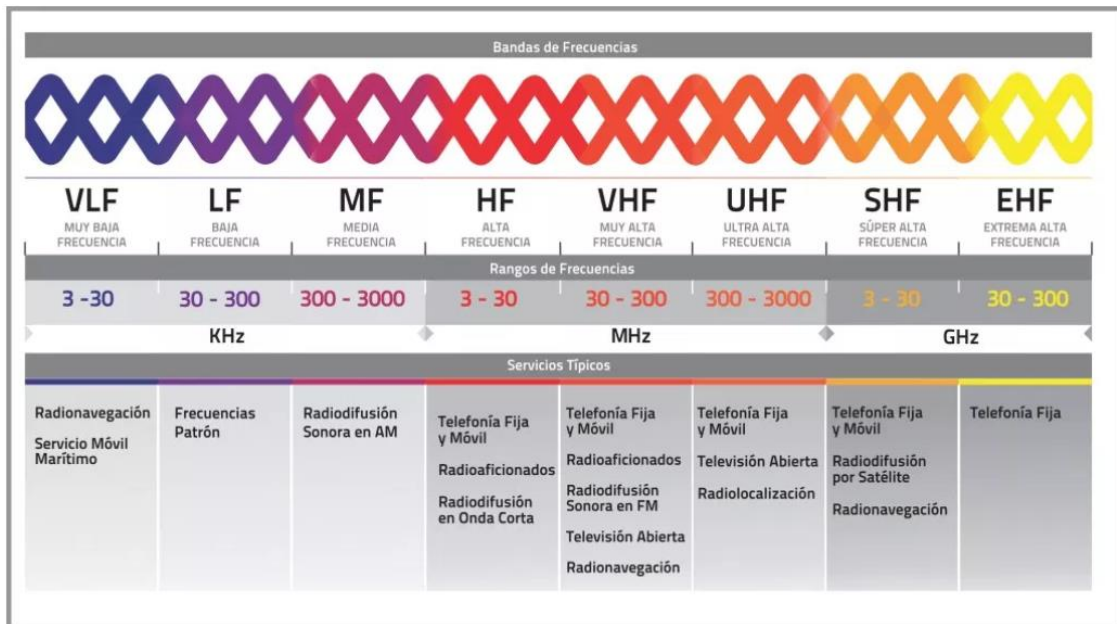
Fuente [17]

Dentro del espectro electromagnético existe una pequeña porción del espectro que son las ondas que se alcanzan a percibir por el ojo humano, a esto se le denomina luz visible, esta comprendida entre las longitudes de onda de 400 a 700 nanómetros con una frecuencia de 1.4 GHz a 2.5 GHz. Existe otra banda de frecuencias de las cuales la mayoría son utilizadas para las telecomunicaciones. A esta banda se le denomina el espectro Radio eléctrico. [17]

### 6.1.1 Espectro Radioeléctrico

Es el conjunto de ondas en el espectro electromagnético que están comprendidas entre los 3 KHz hasta los 300GHz, esta porción del espectro se divide en ocho bandas las cuales están separadas debido al uso que se le da a las mismas. A continuación en la figura se muestra la división en bandas del espectro radioeléctrico.

Figura 2 Espectro Radioeléctrico



Fuente [18]

Los usos de estas frecuencias dependen de su tamaño o longitud de onda, por ejemplo en la banda VLF (Very Low Frequency) debido a que su longitud de onda es de gran tamaño llegando a ser aproximadamente el radio de la tierra además de ello con una muy baja frecuencia, estas frecuencias que se encuentran en esta banda se adaptan de mejor manera para aplicaciones de radionavegación, debido a que se facilita los enlaces de radio a grandes distancias. [18]

## 6.2 Fenómenos físicos de las ondas electromagnéticas

El transporte de información de un punto a otro se realiza a través de la propagación de las ondas electromagnéticas a través de un medio que pueda trasportarlas, en un ambiente ideal de que el medio de propagación no tenga perturbaciones las ondas no tendrían atenuaciones y/o distorsiones hasta su recepción, pero en realidad no ocurre así, existen varios fenómenos tanto por influencia artificial o aquellos fenómenos físicos propios de la naturaleza. Estos fenómenos son los siguientes:

### 6.2.1 Reflexión

Este fenómeno se genera cuando se presenta una discontinuidad en la propagación de la onda debido a que se encuentra con otro medio de propagación con mayor densidad y por tal motivo se produce un cambio de sentido en la propagación retornando por el mismo medio en el que se encontraba. [19]

### 6.2.2 Refracción

Cuando una onda pasa por otro medio de propagación con diferente índice de refracción, esto produce que se cambie la dirección y velocidad de la onda, esto sucede cada vez que la onda incide de manera oblicua en el otro medio de propagación. [19]

### 6.2.3 Interferencia

En una porción del espacio se pueden encontrar más de una onda en propagación, cuando se encuentran más de una onda en ese espacio determinado, se produce un fenómeno llamado superposición, por ende se generan cruces de información. Existen dos clases de interferencia, la primera es la constructiva, esta se genera cuando se suman dos o más ondas y por resultado se obtiene una onda de mayor amplitud, por otro lado se encuentra la interferencia destructiva la cual consiste en sumar dos o más ondas cuyo resultado genera una onda de menor amplitud. [19]

#### 6.2.4 Difracción

Si la onda electromagnética interactúa con un obstáculo de aproximadamente la longitud de onda de la misma haciendo que el obstáculo se convierta en un nuevo foco emisor de la onda.

Para cualquier aplicación de telecomunicaciones es indispensable tener en cuenta todos los fenómenos que van a afectar las ondas que transmitirán la información, estas anomalías influyen en el funcionamiento y la calidad de los sistemas. En este caso para la elaboración del estudio técnico se debe tener bastante presente estos fenómenos asegurando que el transporte de la información sea el más adecuado posible. [19]

#### 6.3 Modelos de propagación de ondas electromagnéticas:

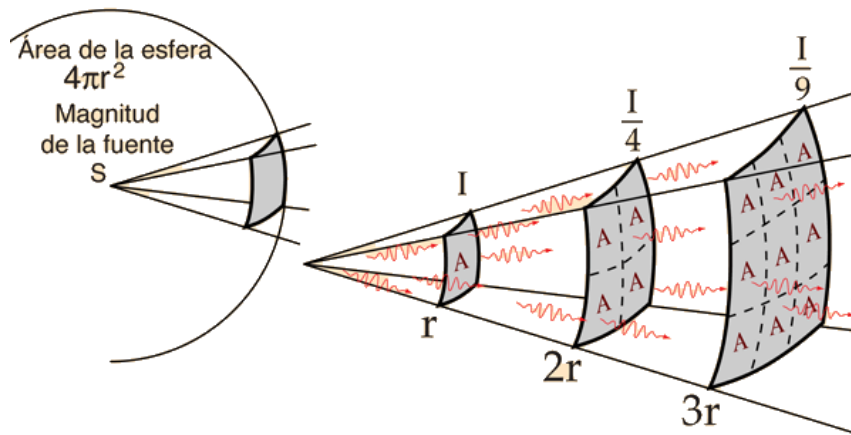
Las ondas electromagnéticas se pueden propagar a través del espacio libre a esto se le denomina radiación por radio frecuencia, el espacio libre se refiere a todo lugar que se encuentre vacío esto implica que en ese espacio no exista absolutamente nada.

La propagación de las ondas en el espacio libre realmente no es libre por que las transmisiones de información se realizan alrededor de la atmosfera terrestre, pero esta cuanta con la presencia del aire, pero las perdidas asociadas al aire no son abrumables, por tal motivo se asume que su transmisión es el "vacío".

De acuerdo con lo anterior, se han diseñado ciertos modelos que predicen el comportamiento de las ondas a través del espacio libre usando las matemáticas con el fin de que sea facilite su tratamiento para posibles aplicaciones. Una ley que explica la propagación de las ondas electromagnéticas asociadas a un punto que irradia potencia hacia todas las direcciones de manera continua.

La irradiación de potencia desde un punto específico en todas las direcciones se les denomina fuentes isotrópicas, haciendo una analogía con las telecomunicaciones, una fuente isotrópica se puede asemejar a una antena omnidireccional. En la ley del cuadrado inverso se establece que desde una fuente isotrópica que irradie desde su origen hasta un área en específico con un Distancia determinada, la zona de influencia de esta energía se podría modelar como una esfera. [20]

Figura 3 Ilustración modelo de la ley del cuadrado inverso



Fuente [21]

La intensidad de energía radiada desde el punto central hacia la esfera depende de la cantidad de potencia que provea la fuente, siendo inversamente proporcional con el área de la esfera que incide sobre la superficie esto se define de la siguiente manera:

$$I = \frac{S}{4\pi r^2}$$

Donde:

I= intensidad en la superficie de la esfera

S= Magnitud de la fuente

$4\pi r^2$ = Área de la esfera

### 6.3.1 Modelo Okomura y Hata

Existen otros modelos creados para la explicación de la propagación de las ondas electromagnéticas, debido a que en distintas partes del planeta existen diferentes necesidades. Otro modelo que se generó a partir de la necesidad de explicar las pérdidas por propagación y cuantificar de una manera más acertada que tanto se pierde al transmitir información de un punto a otro.

El modelo matemático que cuantifica las pérdidas por propagación desarrollado por Okumura y Hata está diseñado para frecuencias que se encuentre en el rango comprendido entre 100 MHz y 1.92 GHz, además de ello se debe tener en cuenta que solo se puede aplicar este método si la altura de la antena de transmisión esta entre 30 y 200 metros. El modelo matemático está definido de la siguiente forma.

$$L_U = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d$$

Donde

$L_U$ = perdida debido a la propagación por el espacio libre

f= frecuencia de la señal

$h_b$ = altura de las antenas

a ( $h_m$ )= factor de corrección

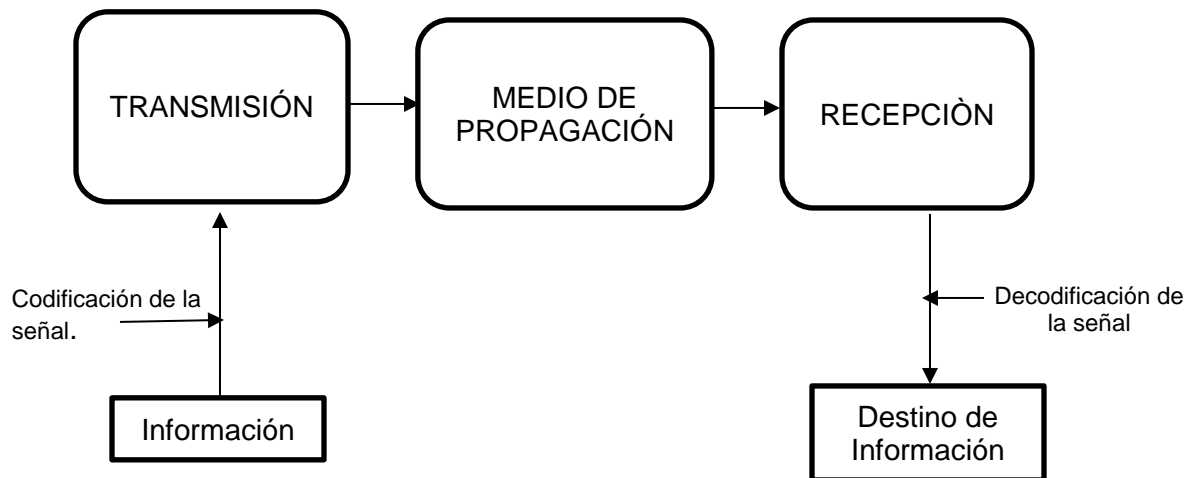
d= Distancia desde el punto de transmisión hasta el punto donde se desea calcular la perdida

[22]

## 6.4 Sistemas de Telecomunicaciones

Los sistemas de telecomunicaciones son aquellos que transportan información de un lugar a otro a una distancia determinada, existen variaciones dependiendo las distancias y el contenido a transmitir.

Figura 4 Esquema del sistema de transmisión



Se observa en el diagrama anterior que un sistema de transmisión se compone de cuatro elementos relevantes.

- El mensaje de entrada es aquella información que se desea transmitir hacia un punto deseado
- Antes de la transmisión de información se le a un tratamiento a los datos a enviar se codifican con equipos electrónicos para que a través de las antenas que se encargan de propagar la onda electromagnética que contiene la información que se desea transmitir.
- Existe un canal por el cual la onda electromagnética se va a propagar, después se decodifica la señal para obtener la información y asimismo enviarla a su destino.

[23]

## 6.5 Antena

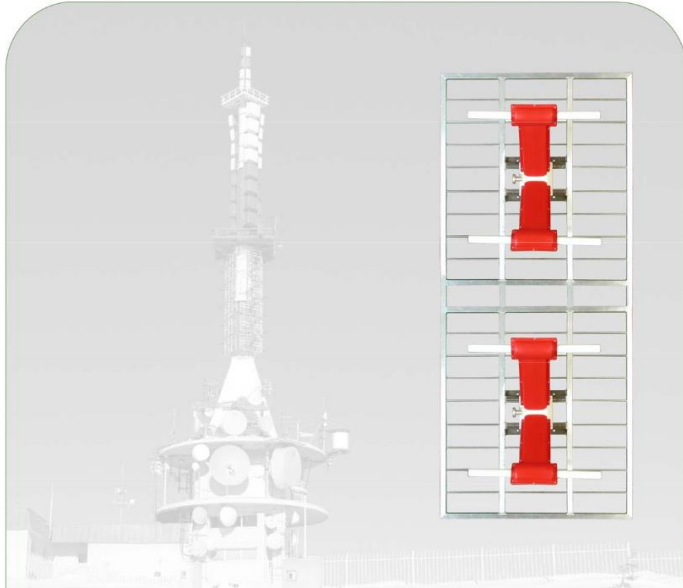
Para recepcionar o emitir radiaciones electromagnéticas que se distribuyen a través del espacio libre existe un dispositivo que es capaz de transformar la radiación en energía eléctrica y convertir energía eléctrica en radiación electromagnética a este dispositivo se le conoce como antena, cuando se genera esa energía eléctrica, la antena está actuando como receptora, en caso contrario la antena se comporta como emisora, por lo general están compuestas de un material metálico que es capaz de conducir electricidad.

Las antenas tienen distintas características que varían en función de diferentes factores como la frecuencia de transmisión o recepción, la distancia de transmisión o recepción es directamente a la potencia, de eso depende que sea mayor o menor dependiendo que tan lejos o cerca se desea transmitir o recepcionar alguna onda electromagnética, el tamaño de la antena es inversamente proporcional a la longitud de onda que se desea emitir o recepcionar, entre más grande sea la antena menor debe ser su longitud de onda.

La elección de una antena depende del uso que se le vaya a dar, pero uno de los factores claves que determina que la antena es adecuada, es el patrón de radiación de la misma, con ello se puede garantizar una cobertura adecuada para la implementación deseada.

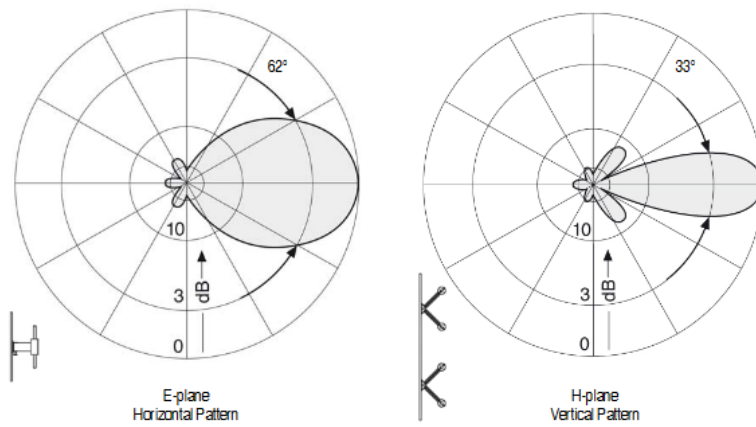
Para la transmisión en la banda VHF (Very High Frequency) existen antenas para esa función, normalmente se utiliza esta banda para la transmisión de televisión y radio FM. Un ejemplo de estas antenas es la antena VHF LB 14 que pertenece a la compañía ABE Elettronica.[24] A continuación se muestra la figura de la antena, además de ello se puede observar su patrón de radiación en la figura.

Figura 5 Antena VHF LB 14 de la compañía ABE Elettronica.



Fuente [25]

Figura 6 Diagrama de radiación para la antena VHF LB 14



Fuente: [25]

Se muestra en la figura los patrones de radiación e las distintas orientaciones de la antena tanto vertical como horizontal y como estos cubren ciertos grados sexagesimales con una potencia igual en este caso tres decibelios. También se observa que en la radiación vertical tiene una cobertura de sesenta y dos grados , mayor a la cobertura horizontal que es de treinta y tres grados, es decir que si se requiere mayor cobertura se deben ubicar verticalmente.

#### 6.6. Enlaces Microondas

Dentro del espectro radioeléctrico existe una banda de frecuencias que se utilizan normalmente para los sistemas de telecomunicaciones, la transmisión para estos sistemas se realizan con ondas electromagnéticas con longitudes de onda relativamente bajas, para transmitir información en estas frecuencias existen varios enlaces que hacen que la información se comparta entre dos puntos. Para la transmisión por medio de un enlace de microondas se requiere básicamente de tres componentes, un transmisor, un receptor y un medio en donde se pueda propagar la onda. Estos enlaces son utilizados para distancias cortas además de ello el camino debe ser libres de obstáculos por tal motivo se utilizan torres que sean lo suficientemente altas para superar los efectos que generan los obstáculos. [26]

#### 6.7. Enlaces Satelitales

Para las telecomunicaciones los satélites han sido una de las invenciones del hombre que ha facilitado el transporte de información de un sitio a otro que no sean cercanos. El satélite se encarga de redirigir la señal enviada desde la tierra hasta otro lugar del planeta que sea capaz de recepcionar y así mismo realizar el tratamiento necesario de la información para volverla a transmitir hasta el lugar deseado. [26]

#### 6.8. Entidades regulatorias en Colombia para el uso del espectro radioeléctrico

El uso de las telecomunicaciones en cualquier país debe estar reglamentada y regulada eficientemente para sus diferentes usos, siguiendo este principio el estado colombiano define que el espectro radioelectrico es para uso público que no

puede venderse ni comprarse, además de ello que no pierde vigencia siempre reglamentado por el estado esto se establece en la resolución número 000129 de 2010. [26]

Las entidades que regulan el espectro radioelectrico son las siguientes:

- ANE(Agencia Nacional del Espectro)

Esta organización está encargada de que se realice una gestión adecuada del espectro radioeléctrico apoyando así al MinTIC (Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) ejerciendo vigilancia y control.

- El MinTIC (Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones)

*“es la entidad que se encarga de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.*

*Dentro de sus funciones está incrementar y facilitar el acceso de todos los habitantes del territorio nacional a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y a sus beneficios<sup>1</sup>.”*

- CRC(Comisión de Regulación de Comunicaciones)

Esta entidad se encarga de regular los mercados en cuanto a los servicios de comunicaciones haciendo que estos sean de más alta calidad y con precios justos defendiendo así los intereses del usuario final de estos servicios.

- ANTV(Autoridad Nacional de Televisión)

La autoridad nacional de televisión es la encargada de brindar las herramientas necesarias para ejecutar programas para la prestación del servicio público de televisión, garantizando así la eficiencia del servicio defendiendo así los intereses de los televidentes.

---

<sup>1</sup> Tomado de: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-540.html>

## 6.9 Televisión Analógica

La transmisión y recepción de imágenes y sonido a larga distancia se realiza a través de un sistema análogo con un mecanismo de difusión, para la televisión analógica la transmisión se realiza por medio de la radiación electromagnética, las más usadas son las ondas de radio que permiten que la emisión sea más adecuada para la información que deben transportar en este caso información correspondiente a imágenes y sonido a larga distancia, existen otros mecanismos de difusión tales como la televisión por cable o por satélite que van dirigidas a un receptor en este caso el televisor.

La televisión análoga solo permite que en la banda de transmisión solo se pueda transmitir un único programa de televisión debido al almacenamiento que necesita para su transmisión. Cada canal UHF cuenta ya sea con 6,7 u 8 MHz de ancho de banda, el canal que se transmite con esta tecnología solo es capaz de transmitir un programa de televisión por cada banda para que así no se generen interferencias en las señales.[27]

## 6.10 Televisión digital terrestre

La TDT realiza la transmisión utilizando las ondas hercianas terrestres, estas son aquellas que se pueden transmitir por alrededor de la atmósfera sin tener un cable o satélite, su recepción se realiza por medio de antenas UHF lo cual hace que los sistemas conectados tengan un esquema digital similar, el cual se basa en un flujo de transporte de información MPEG, con una codificación de VIDEO MPEG-2 y H264. Por cada canal UHF se puede transmitir cuatro o más programas al tiempo sin generar interferencias, aprovecha el máximo de ancho de banda de cada canal UHF, al mejorar el almacenamiento se pueden ofrecer nuevos servicios tales como guía de canales, servicios interactivos, entre otros. [27]

### 6.10.1 Estándares de Televisión

La televisión es un medio masivo de comunicación, el cual se ha vuelto el más influyente y rentable en todo el mundo, debido a su variedad en contenido, no solo registrando acontecimientos que han marcado la historia mundial, sino entreteniéndolo a las personas desde sus inicios.

Desde sus inicios se ha pretendido innovar en cuanto a calidad y contenido. Con esta premisa se empezó a mirar la mejor forma de avanzar cada vez más. En los últimos años el avance ha sido monumental, tanto así que se ha enfocado en la migración de la televisión análoga a la digital mejorando así la calidad en imagen además de optimizar el ancho de banda para los diferentes canales UHF, además el mejorar los servicios para los televidentes.

A raíz de esa migración que se está dando en todo el mundo se crean los estándares de televisión digital terrestre para la emisión de los contenidos de televisión de modo digital, entre estos se destacan a nivel internacional los siguientes estándares:

Estándar Europeo: DVB (Digital Video Broadcasting)

Estándar Norteamericano: ATSC (Advanced Television System Committee).

Estándar Japonés: ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting).

Estándar Chino: DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast).

Estándar Japonés Brasileño: SBTVD (Sistema Brasileño de Televisión Digital).

#### 6.10.1.1 Estándar europeo (DVB-digital video broadcasting)

Este estándar se remonta a los años noventa donde se empezó un proyecto en conjunto con varias compañías europeas que buscaban hacer mejoras a la televisión análoga, en este proyecto se desarrollaron varias normas para la transmisión digital terrestre, satelital por cable y portátil.

El estándar europeo permite la transmisión de televisión en alta definición como también la de canales convencionales terrestres, además se puede utilizar para diferentes fines de difusión tales como programas de radio y todo lo que tiene que ver con el transporte de información. Se definió en su momento que este estándar debería respetar los mismos anchos de banda que ocupaban los canales analógicos.

El sistema fue diseñado con gran flexibilidad lo cual hace mucho más sencillo la adaptación a todo el tipo de canales, este se adapta a canales de tipo Gaussiano, Rice y Rayleigh. El sistema es inmune a interferencias que se presenten en el medio de propagación de la información.

Utiliza una red SFN lo cual hace que se obtenga la mayor eficiencia posible en uso del espectro electromagnético, lo cual conlleva que transmisores adyacentes puedan operar utilizando la misma frecuencia, el sistema utiliza una gran cantidad

de portadores para cada canal modulad, los modos de operación son 2k y 8k de los cuales se pueden elegir entre diferentes niveles de modulación QAM o QPSK, todo depende si se utiliza para un solo transmisor con redes pequeñas de única frecuencia en ese caso sería el modo de 2k, para el otro modo 8k se puede utilizar con redes pequeñas o grandes que utilicen frecuencia única. El sistema utiliza la codificación MPEG-2 para audio y video, este estándar es el más utilizado a nivel mundial

Este estándar tiene una segunda versión mejorando ciertas características tales como:

- Eficiencia en capacidad
- Formato de transmisión MPEG-4 AVC o H.256
- Modulación en 256QAM

#### 6.10.1.2 Estándar norteamericano ATSC (Advanced Television System Comitte).

Fue desarrollado por el comité de sistemas avanzados de televisión de los Estados Unidos. Este fue diseñado con el fin de transmitir audio y video en un solo canal de ancho de banda de 6MHz, solo cuenta con la difusión terrestre y para distribución por cable con un rendimiento de 19.4 Mbit/s. El formato que utiliza para video es MPEG y el estándar ATSC AC-3.

Este estándar fue diseñado para canales de 6MHz pero también se pueden adaptar a canales que tengan más ancho de banda como 7 MHz u 8MHz, adaptando así el flujo de datos, esto hace que sea un estándar que se puede aplicar en cualquier parte del mundo.

El sistema soporta varios tipos de interferencia tales como:

- Sistemas existentes de televisión analógica NTSC
- Ruido blanco,
- Ruido de fase
- Reflexiones continuas por multi trayectorias

Este sistema fue diseñado con la tecnología necesaria para aprovechar al máximo el espectro radioeléctrico y además facilitar la planificación de las frecuencias. El sistema utiliza un esquema de modulación de una sola portadora cuyo nombre es modulación 8-VSB (modulación de banda vestigial de nivel 8). Este estándar esta implementado en varios países como Estados Unidos, México, Salvador y Corea del Sur.

### 6.10.1.3 Estándar japonés ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting).

La asociación de industrias y empresas de radio (ARIB) aprobó el sistema de difusión digital terrestre IDB-T (Difusión Digital de Sistemas Terrestres Integrados) en el año de 1998. Este sistema fue creado con el fin de proveer a los usuarios diferentes requerimientos de servicios multimedia, ofreciendo esquemas de modulación y protección a errores.

El sistema ISDB-T utiliza MPEG-2 como codificación de video y la codificación avanzada de audio MPEG-2 (AAC). También utiliza un flujo de transporte MPEG-2 para encapsular los datos. Este fue desarrollado para canales de 6MHz de ancho de banda, pero se puede adaptar a diferentes anchos de banda. Utiliza modulación OFDM. Una de las características más importantes de este estándar es el utilizar diferentes modulaciones y parámetros de codificación en uno o más segmentos OFDM, los bits de codificación más sensitivos son codificados por códigos FEC lo cual hace que se puedan mapear a esquemas de modulación con menos errores. Los segmentos de datos tienen su propia protección en contra del error con una modulación (QPSK, DQPSK, 16-QAM o 64-QAM).

Dentro del espectro OFDM solo están activo 13 segmentos por tal motivo cada canal de televisión tiene un ancho de banda recortado en 13/14 por lo que si el canal es de 6MHz tendrá un ancho de banda real de 5.57MHz. Este estándar fue elegido por algunos países de Asia, centro y Suramérica.

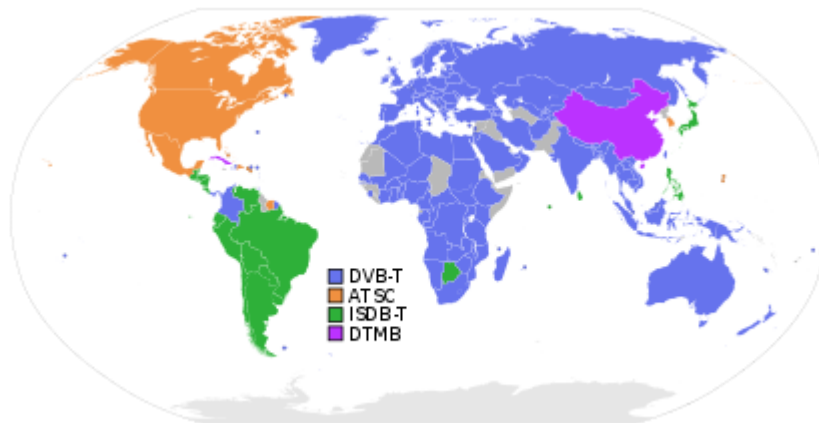
### 6.10.1.4 Estándar chino: DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast).

El estudio este estándar comenzó en el año 1992 pero hasta 2006 se anunció el estándar de televisión para terminales fijos y móviles llamado DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast). Este surgió de la fusión de tres estándares el ADTB-T (desarrollado por la Universidad de Shanghai JiaoTong, Shanghai), DMB-T (desarrollado por la Universidad Tsinghua, Beijing) y el TiMi (Terrestrial Interactive Multiservice Infrastructure), este último fue el que propuso la academia de ciencias de radiodifusión en el año 2002.

Este estándar utiliza ciertas tecnologías que permiten que el rendimiento sea mejor, esto se realiza con un código que permite una sincronización más rápida del sistema y una estimación de canal más precisa, cuenta también con una codificación LDPC (Low-Density Parity- Check) esta codificación hace que el sistema tenga protección contra errores, la modulación que utiliza es DS-OFDM (Time Domain Synchronization - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) esto permite la combinación de radiodifusión en varios formatos SD, HD y los servicios multimedia.[28]

## 6.11 Distribución a nivel mundial de los estándares de televisión

*Figura 7 Distribución por estándares de la TDT en el mundo*



*Fuente [29]*

## **7. Viabilidad:**

Al realizar este estudio técnico para un canal de televisión digital, el cual contara con los parámetros que exige la Autoridad Nacional de Televisión (ANTV) y la Agencia Nacional del Espectro (ANE), con estos requerimientos se asegura que la Universidad tendrá disponible el proyecto para cuando desee ejecutarlo y pueda presentarse para la adjudicación de una frecuencia disponible en la ciudad de Villavicencio con el fin de implementar un canal de televisión digital sin fines de lucro, el cual tendrá difusión en toda la ciudad de Villavicencio de toda su área metropolitana. Asimismo, la universidad cuando desee iniciar el proyecto debe proporcionar los recursos económicos para la ejecución del mismo.

Se asegura la factibilidad de este proyecto con la fundamentación teórica y práctica aprendida durante todo el pregrado de Ingeniería Electrónica, y con la ayuda de los docentes colaboradores que cuentan con la experiencia necesaria en el área de las comunicaciones.

## **8. Diseño metodológico:**

Para la implementación de este proyecto se necesitan 3 fases para su ejecución, la primera fase consiste en realizar la verificación de las frecuencias disponibles para un canal de televisión digital en la ciudad de Villavicencio. Después se realiza el diseño de propagación del canal, se define donde quedará la ubicación y todas las características que requiere esta, se revisa la frecuencia, además la obtención de las características de emisión, todos los sistemas relacionados con las antenas y la red, se obtiene la potencia y las pérdidas del sistema, diseño de la torre. En esta fase se recomendarán los equipos de transmisión radial para la implementación.

La segunda fase se enfoca en la transmisión satelital del canal, con este se busca obtener la red de transporte, para ello se necesitan las coordenadas UPLINK, se debe tener en cuenta la información del transponder, la antena que transmite y recibe la señal, se necesita también el estudio de microondas, para el estudio mencionado anteriormente es pertinente tener información sobre el enlace, las antenas de emisión y recepción, el sistema que gestiona la operación además del monitoreo de la señal digital, relacionando así los equipos y los medios utilizados. Se deben obtener todos los cálculos relacionados con el sistema de acuerdo con las condiciones preestablecidas para el diseño del canal de televisión.

La última sesión del proyecto tiene como fin la verificación de los resultados obtenidos de acuerdo con los entes Reguladores (ANTV Y ANE), lo cual hace que la implementación de este canal no infrinja ninguna ley colombiana, dando cumplimiento a esto ya se puede hacer el estudio de factibilidad del proyecto.

## **9. Radiación:**

### **10.1 Características del Territorio De Radiación**

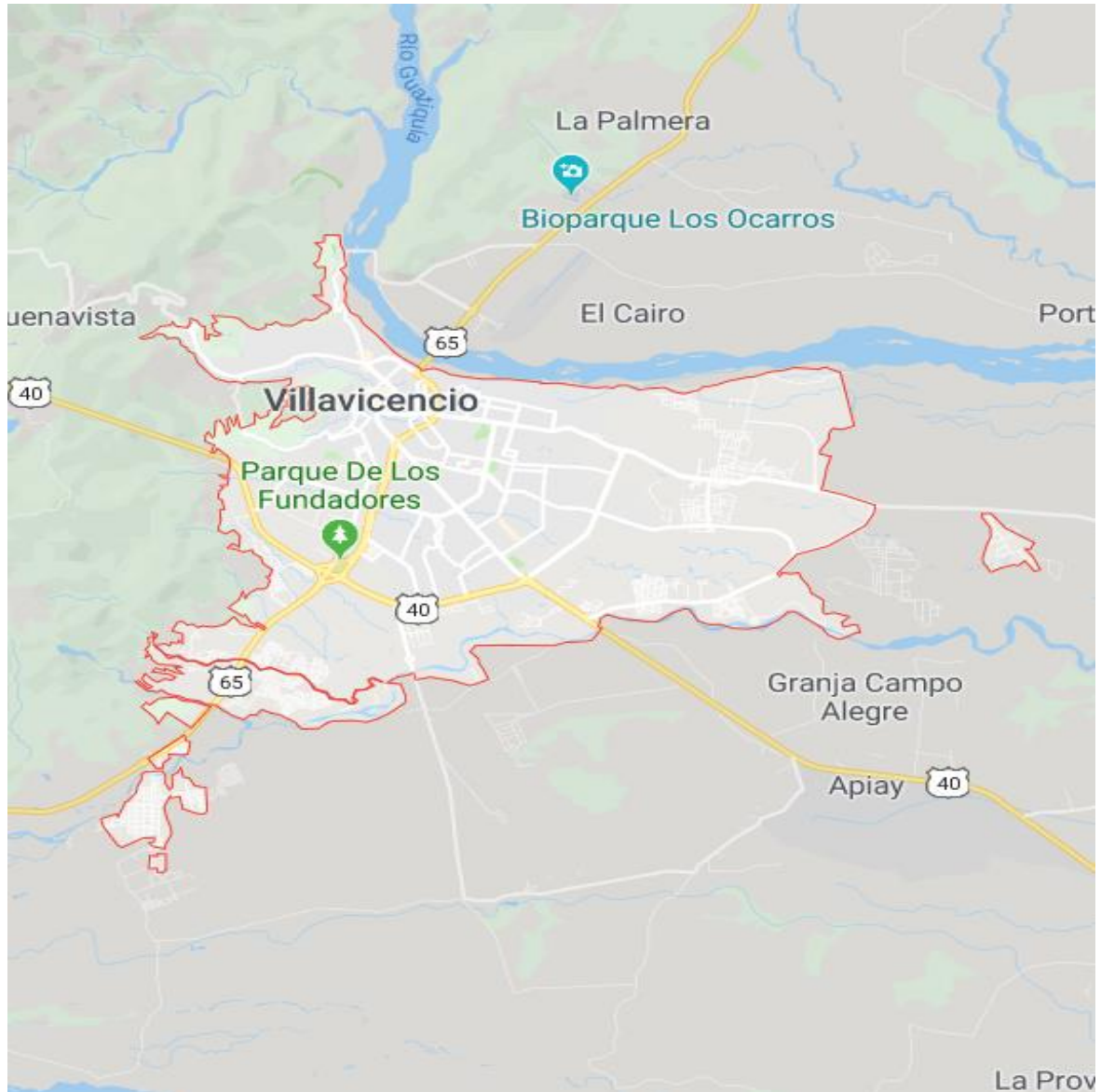
Villavicencio es la capital del meta es la ciudad más importante en el sector comercial de los llanos orientales, está ubicada al noroccidente del departamento del meta con temperatura media de 28°C, se encuentra a 467 metros sobre el nivel del mar, cuenta con 8 comunas distribuidos en 235 barrios de los cuales solo 32 están legalizados.

La ciudad de Villavicencio cuenta con dos ríos Guatiquía y Guayuriba, sus límites están comprendidos hacia el norte con el municipio de el calvario, al noreste por el municipio de Restrepo, al este por el municipio de Puerto López, al sur, al suroeste y al oeste por el municipio de Acacias y al sur este por el municipio de San Carlos de Guaroa.

## 10.2 Mapa geopolítico de la ciudad de Villavicencio

El punto de transmisión para la ciudad de Villavicencio será en el campus de la Universidad Santo Tomas, el punto de recepción más lejano para la transmisión queda al norte de la ciudad, con este punto se asegura la cobertura para toda la ciudad. Para asegurar que la cobertura del canal de televisión digital sea total para toda el área metropolitana de la ciudad de Villavicencio se debe conocer el área metropolitana a cubrir, para ello se debe consultar el mapa geopolítico de la ciudad donde se evidencian los límites fronterizos.

*Figura 8 Mapa geopolítico de la ciudad de Villavicencio.*

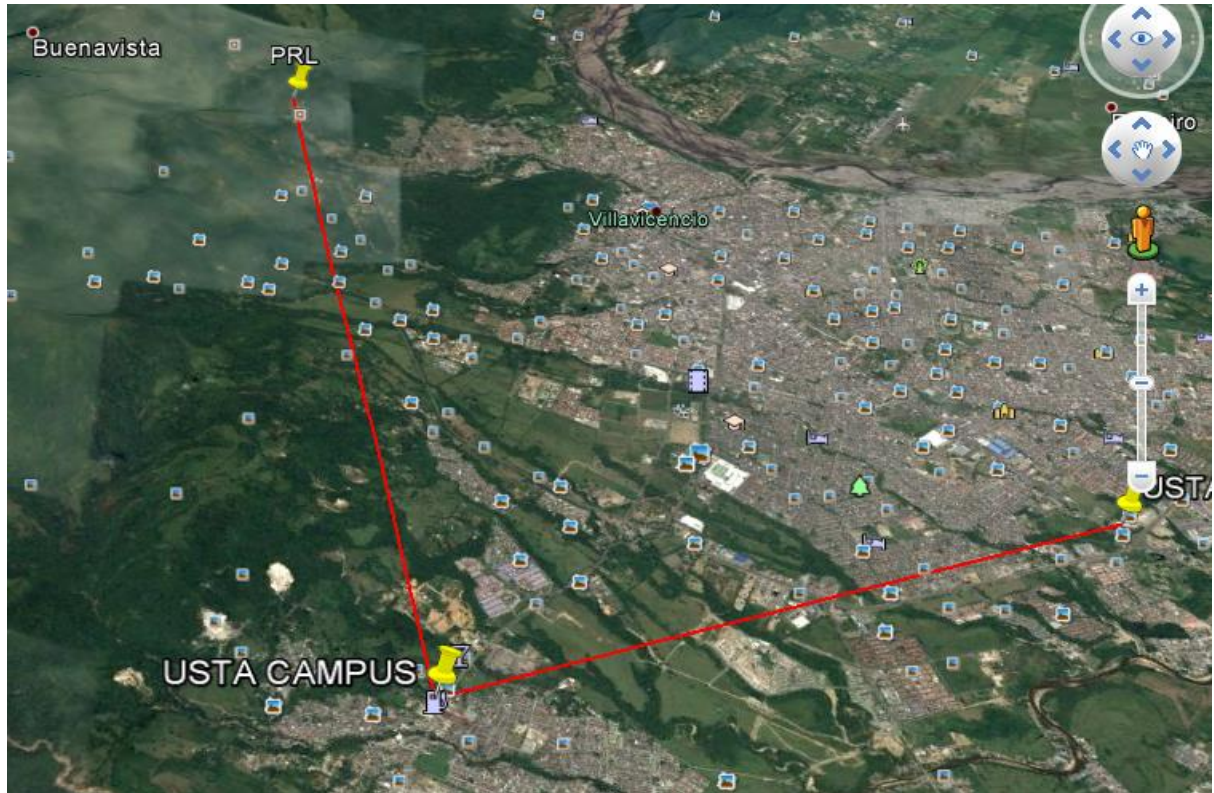


*Fuente [30]*

### 10.3 Trayectorias desde el punto de transmisión hacia el punto más lejano de recepción y la sede central de la Universidad Santo Tomas

La trayectoria dirigida al punto de recepción más lejano (PRL) se traza con el fin de observar la distancia a la cual se encuentra con respecto al punto de transmisión en este caso el campus de la Universidad Santo Tomas, también se desea obtener la trayectoria que existe entre el sitio de transmisión (campus-Universidad Santo Tomas) y la sede central de la universidad donde van a estar los estudios.

*Figura 9 Trayectorias entre el punto de transmisión (campus Universidad Santo Tomas) con el punto de recepción lejano Y la universidad santo tomas sede central Villavicencio.*



Fuente [31]

#### 10.4 Distancia desde el punto de transmisión al punto de recepción lejano

Con una de las herramientas que tiene la aplicación Google Earth se calcula la distancia existente entre dos puntos, en este caso desde el sitio de transmisión (campus Universidad Santo Tomas) a dos diferentes puntos. Uno de ellos es el punto de recepción lejano (PRL) y el otro punto es la sede central de la universidad Santo Tomas.

La longitud obtenida fue:

4.65Km (1)

*Fuente [31]*

#### 10.5 Frecuencias Disponibles

Dentro del banco de archivos para el registro de frecuencias dirigido al servicio de radiodifusión en televisión donde se encuentran las frecuencias disponibles para posibles concesiones, en la ciudad de Villavicencio se encuentran las siguientes:

*Tabla 1 Frecuencias disponibles en la ciudad de Villavicencio*

No	Codigo DANE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	REGISTRO DE FRECUENCIAS DISPONIBLES
736	50001	META	Villavicencio	23,25,29,31,35,39,41,47

*Fuente [32]*

Para la radiodifusión y posible concesión de un canal de televisión en la ciudad de Villavicencio se eligió la frecuencia 23 la cual tiene como frecuencias las siguientes:

Figura 10 Canalización de la banda de televisión

CANALIZACIÓN DE LA BANDA DE TELEVISIÓN

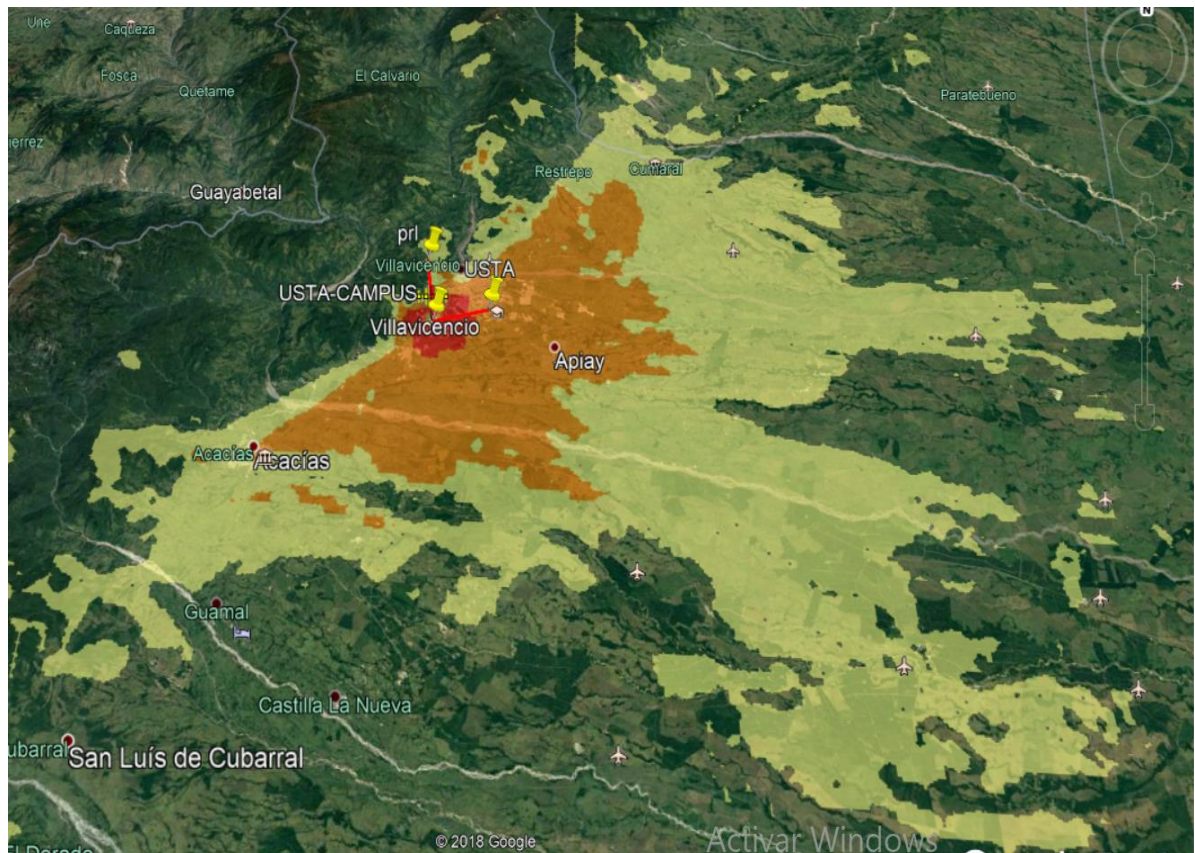
Banda	CH Number	Central Frequency	Lower Limit	Video Carrier	Chroma Carrier	Audio Carrier	Upper Limit	
VHF	1		--	--		--	--	
	I	2	57	54	55,25	58,75	59,75	60
		3	63	60	61,25	64,75	65,75	66
		4	69	66	67,25	70,75	71,75	72
		5	79	76	77,25	80,75	81,75	82
	II	6	85	82	83,25	86,75	87,75	88
		7	177	174	175,25	178,75	179,75	180
	III	8	183	180	181,25	184,75	185,75	186
		9	189	186	187,25	190,75	191,75	192
		10	195	192	193,25	196,75	197,75	198
		11	201	198	199,25	202,75	203,75	204
		12	207	204	205,25	208,75	209,75	210
		13	213	210	211,25	214,75	215,75	216
"DIGITAL"	14	A	473	470			476	
	15	B	479	476			482	
	16	C	485	482			488	
	17	D	491	488			494	
	18	E	497	494			500	
	19	F	503	500			506	
	20	G	509	506			512	
	21	H	515	512	513,25	516,75	517,75	518
	22	I	521	518	519,25	522,75	523,75	524
	23	J	527	524	525,25	528,75	529,75	530

Fuente [33]

## 10.6 Simulación de radiación en la ciudad de Villavicencio realizado por la compañía ABE

Dando cumplimiento a las especificaciones técnicas enviadas a la compañía ABE para la creación del canal digital de televisión en la universidad Santo Tomas sede Villavicencio, dando parámetros tales como el transmisor de TV con la medida de la antena en metros, el sitio en donde quedarán los estudios y el enlace de microondas, además de esto la banda de operación del canal el cual se muestra en la figura [5].

Figura 11 Simulación de radiación realizada por la compañía ABE



Fuente [34]

## 10.7 Parámetros que se utilizaron para realizar la simulación

La simulación fue realizada con los siguientes parámetros:

Potencia de transmisión: 400W rms.  
Transmisor utilizado: MTX D 400/U.  
Antena usada: UHF LB 13/SA.  
Norma de Transmisión: DVB-T2  
Canal de Transmisión: 23 UHF  
Altura de Antena sobre la Torre: 70 m

Tanto el transmisor como la antena para efectos de la simulación fueron escogidos por la compañía ABE electronics cumpliendo los requerimientos específicos para esta simulación.

Esta simulación asume un transmisor de 400W rms y una antena bidireccional de 12 paneles, las características técnicas se explicarán más adelante.

Con esta simulación se garantiza la cobertura del canal digital para toda el área metropolitana de la ciudad de Villavicencio, teniendo en cuenta el sitio de transmisión (Campus Universidad Santo Tomas) y el punto más lejano de recepción (PRL) mostrados en la *Figura 6* con el fin de que toda la ciudad pueda tener acceso a todos los contenidos emitidos por el canal. Esta simulación fue realizada por la compañía ABE (Advanced Broadcasting Electronics). Teniendo en cuenta lo anterior resulta la necesidad de escoger un transmisor de radiación

## 10.8 Trasmisor de Radiación dado por la compañía ABE

Este dispositivo es capaz de enviar señales a través de un medio de propagación en este caso el aire por medio de las ondas electromagnéticas hasta un punto donde pueda ser recibida la señal a esto se le conoce con el nombre de receptor. El transmisor de radiación que fue escogido por la compañía ABE para dar cumplimiento con los requerimientos específicos es el siguiente:

*Figura 12 Transmisor de radiación*



Fuente [35]

### 10.8.1 Especificaciones generales del transmisor

A continuación, se muestra las especificaciones generales para el transmisor de radiación escogido por la compañía ABE.

Figura 13 Especificaciones técnicas del transmisor de radiación

GENERAL SPECIFICATIONS	
Output frequency range:	UHF 470 to 860MHz in 1Hz steps
Output Power (before output filter):	400W rms (tol. +0/-1dB)
Output connector:	7-16 connector
MER:	≥ 35dB
Shoulders attenuation (before output filter):	38dB typ.; (min. ≥ 36dB)
Housing:	Rack Drawer 19" 3-RU
Power consumption:	Typ. 1,8KVA; Max. <2KVA – Standard Broadband Configuration
Power supply:	230 Vac ±10% 50/60Hz single phase (different power supplies and tolerances available on request)

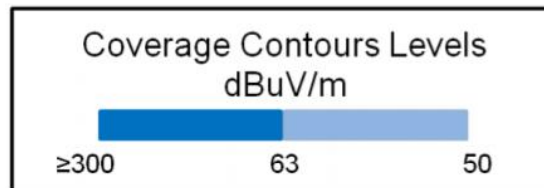
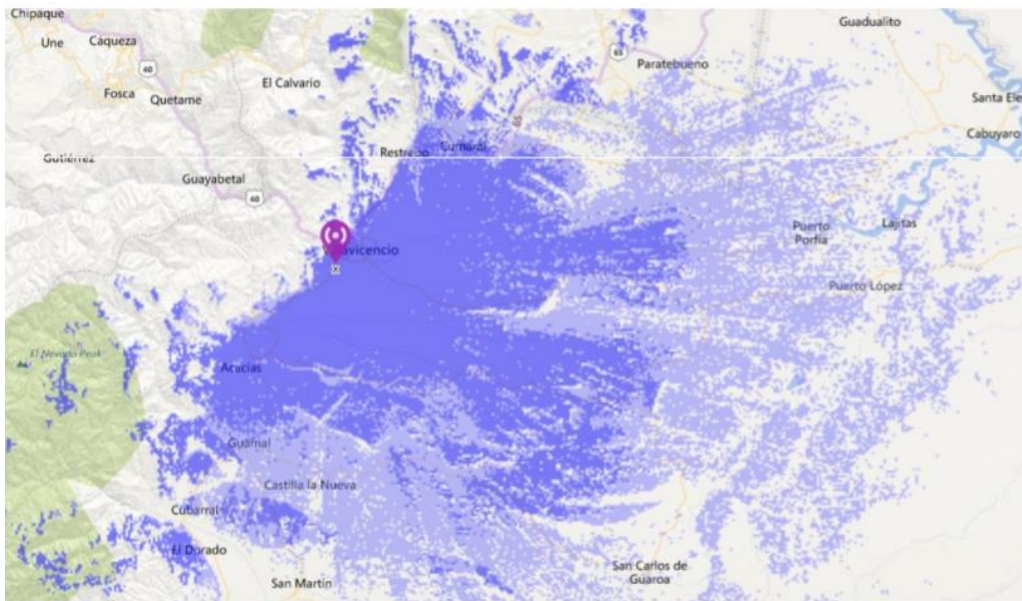
Fuente [35]

Se puede evidenciar que la salida del transmisor de radiación es de 7-16 pulgadas. Conociendo ese dato se procede a obtener un conector adecuado para esta característica.

### 10.9 Simulación de radiación en la ciudad de Villavicencio realizado por la compañía Broadcast Depot

Para asegurar que los parámetros calculados tales como el sitio de transmisión, la banda de operación UHF para transmisión de TV-Digital se pide otra simulación de radiación a la empresa Broadcast Depot con los mismos requerimientos que se enviaron a la empresa ABE.

Figura 14 Simulación de radiación realizada por la compañía Broadcast Depot



Fuente [36]

### 10.9.1 Parámetros que se utilizaron para realizar la simulación

Los parámetros con los cuales se realizó la simulación anterior fueron los siguientes:

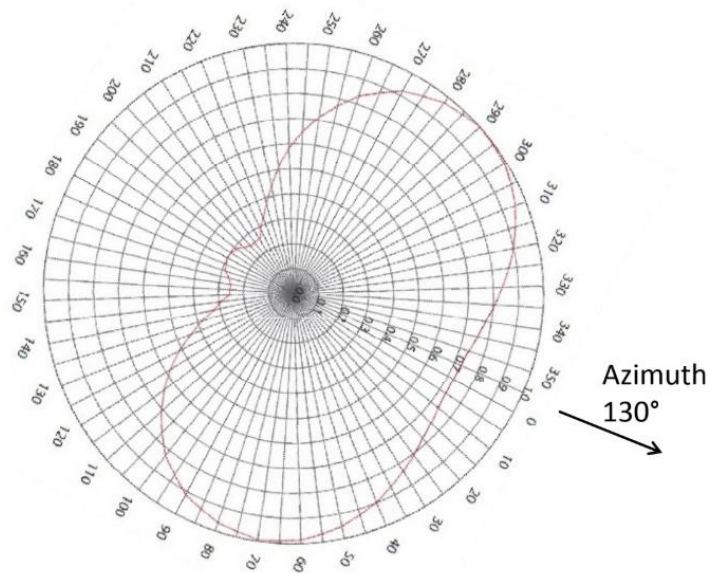
Potencia de Transmisor: 600 Watts-rms  
Norma de Transmisión: DVB-T2  
Canal de Transmisión: 23 UHF  
Antena de Transmisión: ERI ALP-P, 8 bays  
Patrón de Radiación de Antena: Direccional  
Altura de Antena sobre la Torre: 70 m

La antena para efectos de la simulación fueron escogidos por la compañía Broadcast Depot cumpliendo con los requerimientos específicos para esta simulación.

### 10.9.2 Patrón de radiación

Para mostrar las densidades de potencia en varias posiciones de forma angular se utiliza el diagrama polar conocido con el nombre de patrón de radiación, para la antena escogida por la compañía Broadcast Depot, se muestra a continuación el patrón de radiación:

*Figura 15 Patrón de radiación de la antena de TV UHF ERI ALP-P.*



*Fuente [36]*

Un factor importante para que la emisión de la información pueda realizarse adecuadamente es una interfaz que permite tener una conexión entre la antena y el transmisor, para ello se debe utilizar un conector apropiado para esta función.

#### 10.10 Conector transmisor antena

Para la adaptación del transmisor y la antena se debe tener en cuenta los conectores que estos poseen, por tal motivo la antena debe tener un conector de tipo hembra que se ajuste al transmisor en este caso que tenga las mismas dimensiones del conector de salida del transmisor.

El conector escogido para que cumple con los requerimientos establecidos es el siguiente:

*Figura 16 Conector DIN 7/16 (Hembra) 50 Ohm para Cable de 1/2" (Tipo Heliax) SuperFlex.*



*Fuente [37]*

A continuación, se muestran las características técnicas del conector tipo hembra que va conectado a la salida del transmisor.

##### 10.10.1 Especificaciones técnicas del conector

*Figura 17 Características técnicas de Conector DIN 7/16 (Hembra) 50 Ohm para Cable de 1/2" (Tipo Heliax) SuperFlex.*

### General Specifications

Interface	7-16 DIN Female
Body Style	Straight
Brand	HELIAX®   Positive Stop™
Mounting Angle	Straight

### Electrical Specifications

Connector Impedance	50 ohm
Operating Frequency Band	0 - 5000 MHz
Cable Impedance	50 ohm
3rd Order IMD	-120 dBm @ 910 MHz
3rd Order IMD Test Method	Two +43 dBm Carriers
RF Operating Voltage, maximum (vrms)	1415.00 V
dc Test Voltage	4000 V
Outer Contact Resistance, maximum	1.50 mOhm
Inner Contact Resistance, maximum	0.80 mOhm
Insulation Resistance, minimum	5000 MOhm
Average Power	2.3 kW @ 900 MHz
Peak Power, maximum	40.00 kW
Insertion Loss, typical	0.05 dB
Shielding Effectiveness	-130 dB

Fuente [37]

Con las características técnicas del conector, se procede a calcular que tantas pérdidas tiene el sistema debido a diversos factores que afectan la señal de transmisión.

#### 10.11 Atenuación del espacio libre

La señal de transmisión se atenúa por el ensanchamiento de la superficie o el medio en el que se esté propagando, a esto se le conoce como atenuación o pérdida en el espacio libre, esto sucede a medida que la señal de transmisión se distribuye a través del frente de onda que a su vez tiene un área mayor cada vez que se aleja del punto de transmisión. Esta atenuación se puede calcular de la siguiente forma:

$$\alpha_{EL} = 32,44 + 20 \log(D) + 20 \log(F) \quad (2)$$

Donde:

D, es la distancia en kilómetros (Km) medida desde el sitio de transmisión hasta el punto más lejano de recepción

F, es la frecuencia central en MHz (Mega Hertz)

Remplazando se obtiene:

$$\alpha_{EL} = 32,44 + 20 \log(4,65) + 20 \log(524) \quad (3)$$

$$\alpha_{EL} = 100.17 \quad (4)$$

La atenuación del espacio libre se haya con el fin de encontrar la ganancia del sistema teniendo en cuenta las pérdidas que genera el medio por el cual se propagaran las ondas electromagnéticas.

Para la banda IV la ganancia es +91

$$\frac{dB\mu V}{m} = 91 \quad (5)$$

$$\frac{dB\mu V}{m} = dBm + 107 + 20 \log\left(\frac{2\pi * f}{c}\right) \quad (6)$$

$$dBm = \frac{dB\mu V}{m} - 107 - 20 \log\left(\frac{2\pi * f}{c}\right) \quad (7)$$

$$dBm = -26.86 \quad (8)$$

$$PRC = 91 - 107 - 20 \log\left(\frac{2\pi * 524MHz}{300 * 10^6}\right) = -26.86 dBm \quad (9)$$

Según especificaciones técnicas para el transmisor se requiere un cable con base en las conexiones del transmisor con la antena, teniendo en cuenta el tipo de conector se busca un cable que cumpla con esos requerimientos el que se encontró fue el siguiente:

#### 10.12 Cable conexión antena con transmisor

*Figura 18 Cable coaxial HELIAX AVA5-50FX Andrew Virtual Air™ Coaxial Cable, corrugated copper, 7/8 in*



Fuente [37]

A continuación se muestran las especificaciones técnicas del cable para tener en cuenta ciertas características lo cual determina si el cable sirve para la aplicación que se va a desarrollar.

### 10.12.1 Especificaciones técnicas del cable

Figura 19 Especificaciones técnicas del cable

#### Specifications

##### Construction Materials

Jacket Material	PE
Outer Conductor Material	Corrugated copper
Dielectric Material	Foam PE
Flexibility	Standard
Inner Conductor Material	Copper
Jacket Color	Black

##### Dimensions

Nominal Size	7/8 in
Cable Weight	0,29 lb/ft   0,43 kg/m
Diameter Over Dielectric	24,13 mm   0,95 in
Diameter Over Jacket	27,991 mm   1,102 in
Inner Conductor OD	9,449 mm   0,372 in
Outer Conductor OD	25,4 mm   1 in

Fuente [37]

También son importantes las especificaciones eléctricas y ambientales para tener en cuenta en el manejo que se le va a dar al cable para que no haya alteraciones con respecto al proceso deseado. Estas especificaciones se muestran a continuación

### 10.12.3 Especificaciones eléctricas y ambientales del cable

*Figura 20 Especificaciones eléctricas y ambientales del cable*

<b>Electrical Specifications</b>	
Cable Impedance	50 ohm ±1 ohm
Capacitance	22 pF/ft   73 pF/m
dc Resistance, Inner Conductor	0,825 ohms/kft   2,888 ohms/km
dc Resistance, Outer Conductor	0,4 ohms/kft   1,313 ohms/km
dc Test Voltage	6000 V
Inductance	0,184 µH/m   0,056 µH/ft
Insulation Resistance	100000 Mohms•km
Jacket Spark Test Voltage (rms)	8000 V
Operating Frequency Band	1 – 5000 MHz
Peak Power	91 kW
Velocity	90%
<b>Environmental Specifications</b>	
Installation Temperature	-40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F)
Operating Temperature	-55 °C to +70 °C (-67 °F to +158 °F)
Storage Temperature	-70 °C to +70 °C (-94 °F to +158 °F)

*Fuente [37]*

La empresa que fabrica este tipo de cables llamada Commscope cuenta con software virtual la cual tiene una herramienta que es capaz de calcular la pérdida asociada al cable dependiendo de la frecuencia por la cual se va a transmitir la señal. Se ingresa la frecuencia (524 MHz) esta corresponde a la frecuencia de transmisión de nuestra señal, los datos arrojados por la herramienta de la página son los siguientes:

### 10.12.4 Atenuación del cable asociada a la frecuencia de transmisión

Figura 21 Cálculo de la atenuación del cable con respecto a la frecuencia en Mega Hertz

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 m)	Attenuation (dB/100 ft)	Average Power (kW)
524	2.769	0.844	3.03

Fuente [37]

$$\frac{dB\mu V}{m} = 91 \quad (10)$$

$$\frac{dB\mu V}{m} = dBm + 107 + 20 \log \left( \frac{2\pi f}{c} \right) \quad (11)$$

$$dBm = \frac{dB\mu V}{m} - 107 - 20 \log \left( \frac{2\pi * f}{c} \right) \quad (12)$$

$$dBm = -37.80 \quad (13)$$

Un aspecto importante que se debe tener en cuenta en la transmisión de información por medio de radiación es conocer la potencia que debería tener el transmisor para que los datos se puedan reaccionar de la manera adecuada dependiendo el sitio al cual se desea recibir la señal enviada.

### 10.13 Potencia de Transmisión

El objetivo principal de un transmisor es que al receptor le pueda llegar la señal lo más clara posible para ello se debe tener una ganancia adecuada para que la interrelación de la antena con todo lo que la rodea no afecte a la hora de recepcionar la señal que se está transmitiendo. La potencia de transmisión está dada por lo general en dB, el cálculo de esta se puede obtener de la siguiente forma:

$$P_{TX} = 10 \log \left( \frac{P_{TX}(watts)}{1mW} \right) = 10 \log \left( \frac{400W}{1mW} \right) = 56.02 \text{ dB} \quad (14)$$

La potencia se expresa en decibelios con efectos de obtener la ganancia del sistema  $G_s$  la cual esta expresada en esta unidad de medida.

Una de las pérdidas que tiene el sistema de transmisión es aquella que va asociada a la distribución que depende de la cantidad de paneles que tenga la antena escogida para la repartición de la señal obteniendo así la máxima cobertura en radiación.

#### Atenuación de distribución

La distribución de una antena está dada por la cantidad de paneles que distribuyen la potencia para que se pueda dar la cobertura en todos ángulos posibles de direccionamiento, la atenuación es inminente a la hora de distribuir la potencia en cada uno de los paneles, para ello se debe contemplar esta pérdida del sistema de la siguiente manera:

$$\alpha_{dc} = 10 \log \left( \frac{1}{6} \right) \quad (15)$$

$$\alpha_{dc} = -7.7815 \quad (16)$$

## 10. Enlace de microondas

Este radio enlace se produce entre dos puntos fijos que están situados sobre la superficie terrestre, estos intercambian información por medio de ondas electromagnéticas donde sus frecuencias están en el rango de los 500 MHz hasta los 300 GHz o más. Se le atribuye el nombre de micro ondas debido a que su longitud de onda es bastante pequeña ya que es inversamente proporcional la longitud de onda con la frecuencia de transmisión.

Para el enlace de microondas se deben tener las siguientes consideraciones:

Ganancia del sistema

$$G_s = P_t - C_{min} \geq f_m + L_p + L_f + L_b - A_t - A_r \quad (17)$$

Donde

$G_s$ = Ganancia del sistema (dB)

$P_t$ =Potencia de salida de transmisor (dBm)

$C_{min}$ = Potencia mínima de entrada al receptor (dBm)

$f_m$ = Margen de desvanecimiento

$L_p$ = Pérdida en trayectoria por espacio libre entre antenas (dB)

$L_f$ = Pérdida en alimentador de guía de onda (dB)

$L_b$ = Pérdida total en la red de distribución (dB)

$A_t$ = Ganancia de la antena de transmisión en comparación con un radiador isotrópico

$A_r$ = Ganancia de la antena de recepción en comparación con un radiador isotrópico

## Margen de desvanecimiento

Las señales electromagnéticas siempre van a tener atenuaciones, pero no se sabe a ciencia cierta que tanta va a ser la pérdida, por tal motivo se debe tener un rango en el cual van a estar fluctuando la disminución de potencia en la señal, estas pueden tener efectos a corto o largo plazo dependiendo a los distintos fenómenos que se encuentran en el medio de propagación a esto se le denomina margen de desvanecimiento.

$$f_m = 30\log(D) + 10\log(6 * A * B * f) - 10\log(1 - R) - 70 \quad (18)$$

Donde:

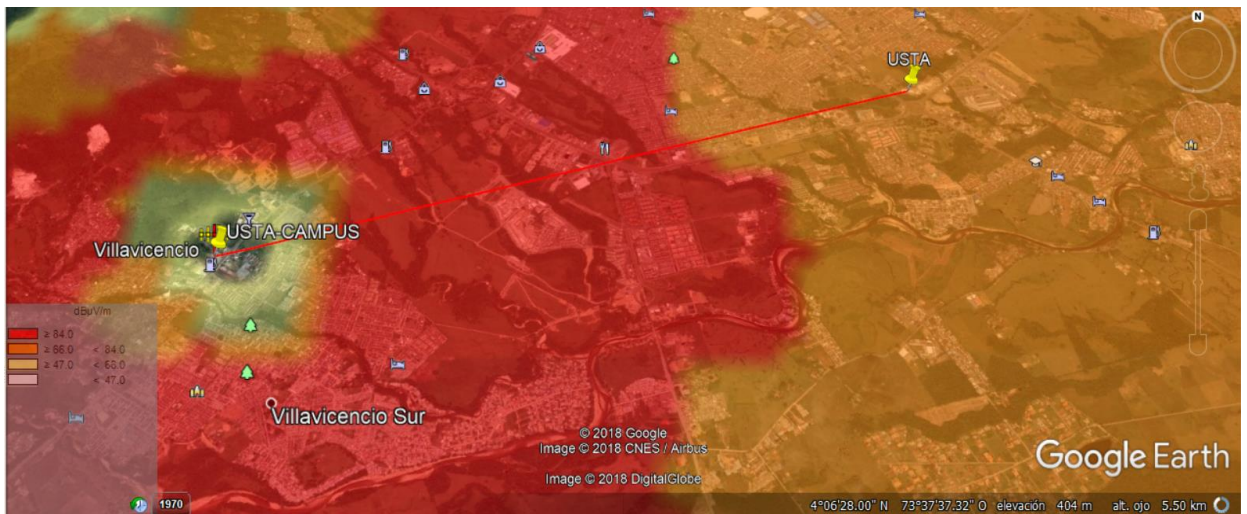
$D$  = Distancia (kilómetros)

$f$  = Frecuencia (GHz)

$R$  = Confiabilidad en tanto por uno (99,99% = 0,9999 de confiabilidad)

$1 - R$  = Objetivo de confiabilidad para una ruta de 400 Km en un sentido

Para encontrar la distancia en kilómetros con el fin de calcular el margen de desvanecimiento el cual depende del recorrido existente entre el punto de transmisión y el punto de recepción del enlace de microondas. A continuación se muestra el camino entre los dos puntos para este caso el campus y la sede central de la Universidad Santo Tomas. *Figura 22 Recorrido entre el campus y la sede central*



Fuente [31]

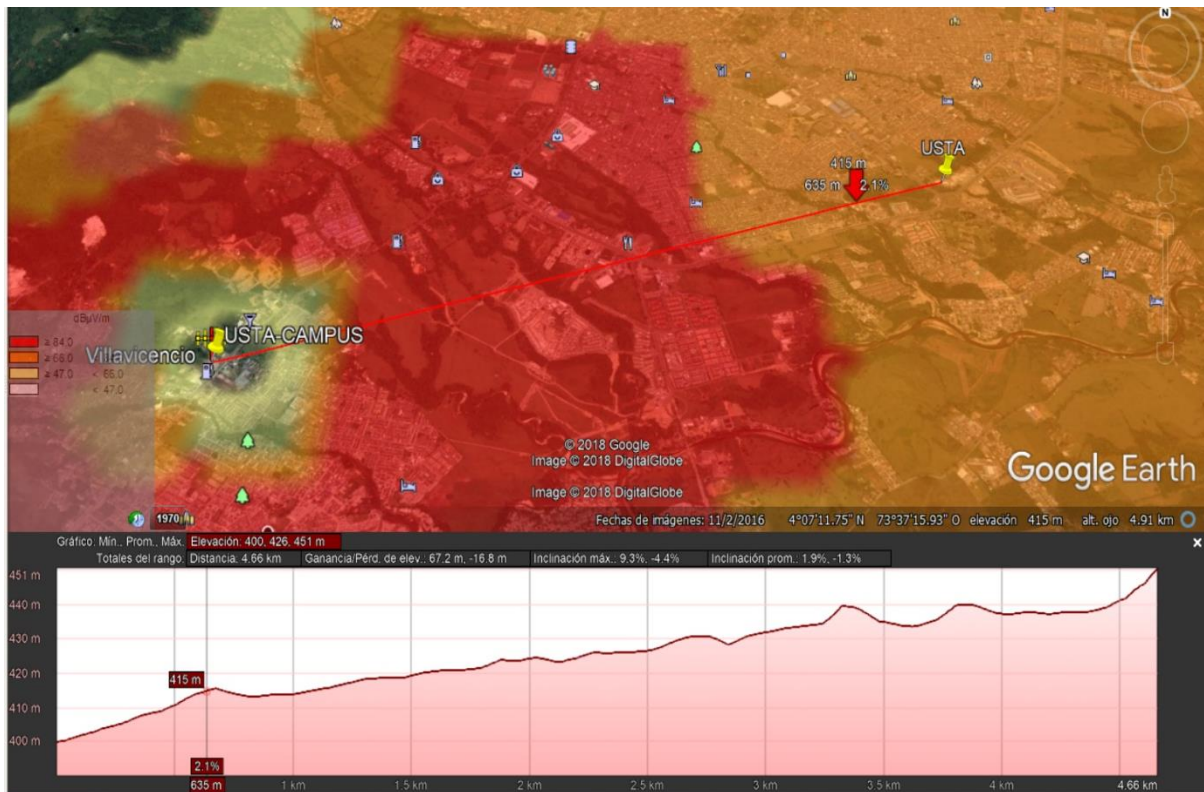
Con una de las herramientas que nos proporciona el software de Google Earth podemos calcular la distancia en kilómetros que existe entre un recorrido punto a punto. Se muestra a continuación la distancia calculada entre el campus y la sede central de la Universidad Santo Tomas en Villavicencio.

La longitud obtenida fue:

4.65Km

(19)

Fuente [31]



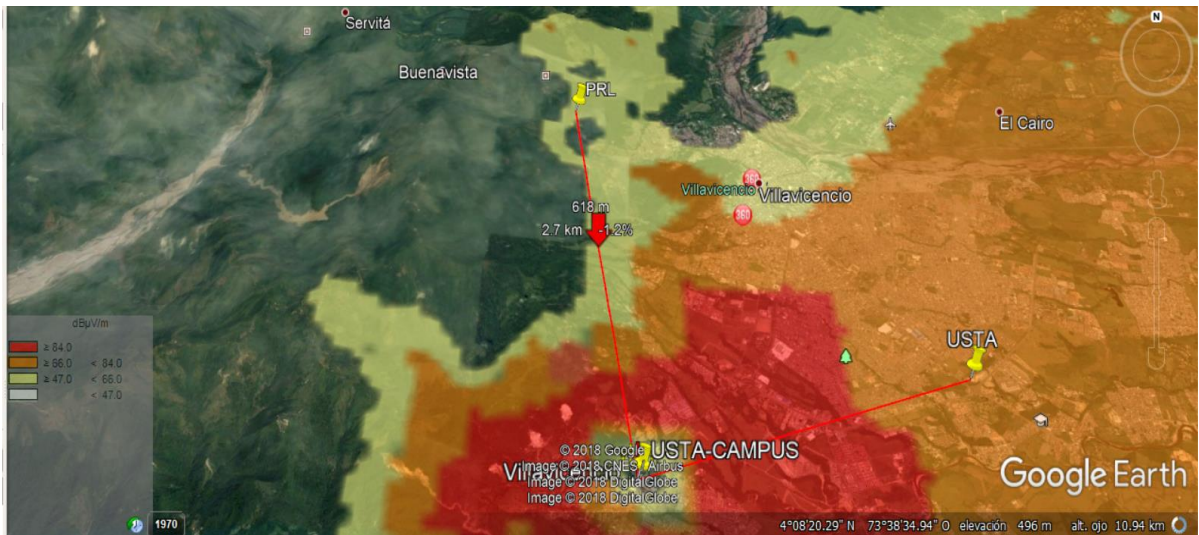
El perfil de elevación nos muestra el relieve que existe en algún terreno a analizar, en este caso el terreno que está comprendido entre el campus y la sede principal de la Universidad Santo Tomas en Villavicencio.

Figura 23 Perfil de elevación del campus a la sede central

Fuente [31]

Se elige el punto de transmisión el campus de la Universidad debido a que tiene más altura con respecto a la sede principal con el fin de asegurar la cobertura total del área metropolitana.

Figura 24 Recorrido entre el campus y el punto de recepción lejano



Fuente [31]

Se mide la distancia en kilómetros que existe entre el campus de la Universidad Santo Tomás y el punto de recepción más lejano (PRL).

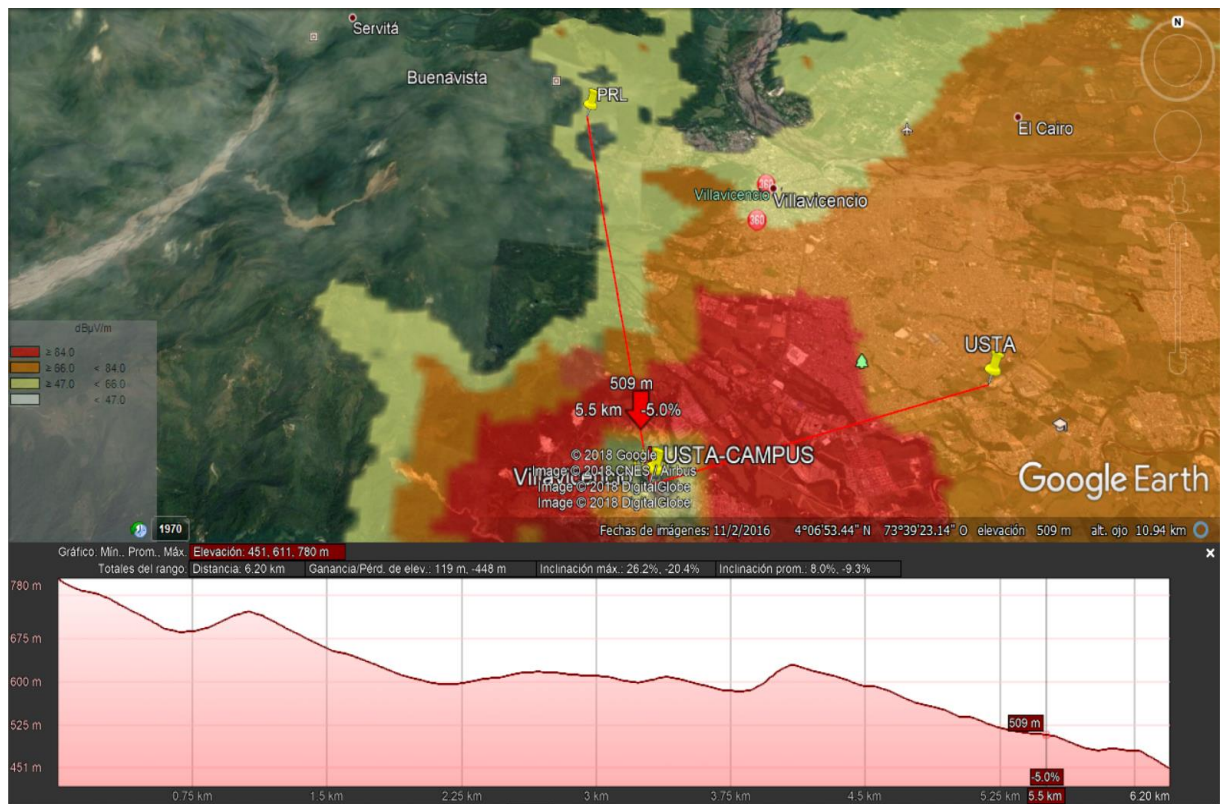
La longitud obtenida fue:

$$6.13Km \quad (20)$$

Fuente [31]

Se muestra a continuación el perfil de elevación que existe entre el punto de transmisión (Campus Universidad Santo Tomás) y el punto de recepción lejano (PRL).

Figura 25 Perfil de elevación del campus al punto de recepción más lejano



Fuente [31]

Analizando los dos perfiles de elevación se da cuenta que el enlace de microondas no es viable realizarlo con el punto de recepción más lejano y el campus, debido a que se evidencia que el punto de recepción lejano está a una altura mayor que el sitio de transmisión, además que el relieve existente en el trayecto del enlace es muy alto por tal motivo la transmisión no llega con la misma intensidad.

En cambio el perfil de elevación entre el campus y la sede central de la Universidad Santo Tomas en Villavicencio, muestra que el campus tiene una altura mayor con respecto a la sede central por tal motivo el enlace se hace más fácil para la transmisión.

## 10.1 Enlace de microondas digital con cálculo teórico de Propagación realizado por la empresa Broadcast Depot

Ubicación Transmisor de Enlace MW: Sede Universitaria  
Potencia Transmisor de MW: 0.5 watt-rms (27 dBm)  
Banda de frecuencias de transmisión: 12 GHz  
Antena Transmisión MW: 1 m diámetro  
Ganancia Antena MW: 39 dB  
Altura Antena de Transmisión MW: 50 m (mínimo)  
Ubicación Receptor de Enlace MW: Campus Universitario  
Umbral de Recepción: -97 dBm  
Antena de Recepción: 1 m diámetro  
Ganancia de antena: 39 dB  
Altura Antena Recepción MW: 50 m (mínimo)  
Longitud del Paso: 4.7 km  
Perdidas de Propagación Total: 133 dB  
Señal Recibida: -34 dB  
Margen de Fading: 63 dB

Ubicación de transmisor y receptor con el perfil de elevación

*Figura 26 Enlace de microondas realizado por la empresa Broadcast Depot*



Fuente [36]

El cuadro nacional de atribuciones de bandas de frecuencia (CENAB) cuenta con las tablas anexas para consultar la frecuencia de la señal del enlace disponible para determinar la banda de transmisión del canal digital de televisión esa tabla es la 70 del banco del CENAB.

Tabla 2 Plan de distribución de canales para la banda 13 parte 1

TABLA 70

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES BANDA DE 13 GHz (12750 - 13250 MHz)  
 REC. UIT-R F.497-7 ALTERNATIVA I DEL RECOMIENDA 7  
 ANCHO DE BANDA DE CANAL: 7 MHz  
 DISTANCIA MÍNIMA RECOMENDADA DE ENLACE (km): 5,13

$$f_m = f_0 - 276,5 + 28n + 7m \text{ MHz}$$

$$f_{m'} = f_0 - 10,5 + 28n + 7m \text{ MHz}$$

$$m = 1, 2, 3, \dots, 4$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, 8$$

$f_0 = 12996,0 \text{ MHz}$ $n = 5$			
Canal (m)	$f_m$ (MHz)	Canal (m')	$f_{m'}$ (MHz)
1	12866,50	1'	13132,50
2	12873,50	2'	13139,50
3	12880,50	3'	13146,50
4	12887,50	4'	13153,50

$f_0 = 12996,0 \text{ MHz}$ $n = 6$			
Canal (m)	$f_m$ (MHz)	Canal (m')	$f_{m'}$ (MHz)
1	12894,50	1'	13160,50
2	12901,50	2'	13167,50
3	12908,50	3'	13174,50
4	12915,50	4'	13181,50

$f_0 = 12996,0 \text{ MHz}$ $n = 7$			
Canal (m)	$f_m$ (MHz)	Canal (m')	$f_{m'}$ (MHz)
1	12922,50	1'	13188,50
2	12929,50	2'	13195,50
3	12936,50	3'	13202,50
4	12943,50	4'	13209,50

$f_0 = 12996,0 \text{ MHz}$ $n = 8$			
Canal (m)	$f_m$ (MHz)	Canal (m')	$f_{m'}$ (MHz)
1	12950,50	1'	13216,50
2	12957,50	2'	13223,50
3	12964,50	3'	13230,50
4	12971,50	4'	13237,50

Fuente [38]

Tabla 3 Plan de distribución de canales para la banda 13 parte 2

TABLA 70

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES BANDA DE 13 GHz (12750 - 13250 MHz)  
 REC. UIT-R F.497-7 ALTERNATIVA I DEL RECOMIENDA 7  
 ANCHO DE BANDA DE CANAL: 7 MHz  
 DISTANCIA MÍNIMA RECOMENDADA DE ENLACE (km): 5,13

$$f_m = f_0 - 276,5 + 28n + 7m \text{ MHz}$$

$$f_{m'} = f_0 - 10,5 + 28n + 7m \text{ MHz}$$

$$m = 1, 2, 3, \dots, 4$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, 8$$

$f_0 = 12996,0 \text{ MHz}$ $n = 1$			
Canal (m)	$f_m$ (MHz)	Canal (m')	$f_{m'}$ (MHz)
1	12754,50	1'	13020,50
2	12761,50	2'	13027,50
3	12768,50	3'	13034,50
4	12775,50	4'	13041,50

$f_0 = 12996,0 \text{ MHz}$ $n = 2$			
Canal (m)	$f_m$ (MHz)	Canal (m')	$f_{m'}$ (MHz)
1	12782,50	1'	13048,50
2	12789,50	2'	13055,50
3	12796,50	3'	13062,50
4	12803,50	4'	13069,50

$f_0 = 12996,0 \text{ MHz}$ $n = 3$			
Canal (m)	$f_m$ (MHz)	Canal (m')	$f_{m'}$ (MHz)
1	12810,50	1'	13076,50
2	12817,50	2'	13083,50
3	12824,50	3'	13090,50
4	12831,50	4'	13097,50

$f_0 = 12996,0 \text{ MHz}$ $n = 4$			
Canal (m)	$f_m$ (MHz)	Canal (m')	$f_{m'}$ (MHz)
1	12838,50	1'	13104,50
2	12845,50	2'	13111,50
3	12852,50	3'	13118,50
4	12859,50	4'	13125,50

Fuente [38]

Recopilando los datos anteriores se procede a calcular el margen de desvanecimiento:

$$f_m = 30 \log(8,73) + 10 \log(6 * 1 * 0.5 * 12.754) - 10 \log(1 - 0,99) - 70 \quad (21)$$

$$f_m = -5.94 \text{ dB} \quad (22)$$

Atenuación del espacio libre

$$\alpha_{EL} = 32,44 + 20 \log(D) + 20 \log(F) \quad (23)$$

Perdidas en la red de distribución

$$P_d = \# \text{ de antenas} * \# \text{ trayectorias} \quad (24)$$

$$P_d = 2 * 2 \quad (25)$$

$$P_d = 4 \text{ dB} \quad (26)$$

$$G_s = P_t - C_{min} \geq f_m + L_p + L_f + L_b - A_t - A_r \quad (27)$$

$$G_s = 56.02 \text{ dB} - C_{min} \geq -5.94 \text{ dB} + 100.17 \text{ dB} + 1.3845 \text{ dB} + 4 \text{ dB} - 39 \text{ dB} - 39 \text{ dB} \quad (28)$$










$$G_s = 33.49 \text{ dB} \quad (29)$$

## **11. Enlace satelital**

El satélite seleccionado para el enlace es el SES-6, debido a su posición en el espacio, este se encuentra en la posición orbital de 40.5° W, lo cual hace que sea más fácil la comunicación entre Latinoamérica y toda la zona del caribe. La banda Ku que posee este satélite garantiza la cobertura en América Latina ya sea para cualquiera de las tres modalidades de oferta de las plataformas DTH, los servicios VSAT y aquellos programas gubernamentales, lo cual hace la inclusión de la televisión digital para toda América latina.

Para poder realizar una transmisión de la información de un punto de la tierra a otro por medio de un satélite, lo primero que se debe revisar son las frecuencias disponibles que tiene para la retransmisión, para que así no se vayan a generar conflictos de información; en la documentación del satélite se muestran las frecuencias y el uso que se le esté dando a cada una de ellas, con esto se puede observar cuales frecuencias se encuentran libres para que en alguna de ellas se pueda realizar la retransmisión del canal digital diseñado para la universidad Santo Tomas para la sede de Villavicencio, con el fin de que no solo sea un canal regional sino que también se pueda retransmitir a otros lugares del mundo.

Tabla 4 Asignación de frecuencias del satélite SES-6

SES 6 at 40.5°W										
Europe		Main	Atlantic	Atlantic P	Atlantic HD	Atlantic	UHD	Headlines	Launches	America
37.4°W <C> 43.1°W		HD   SatTracker   LyngSat Maps					37.6°W <Ku> 43.1°W			
Azimuth & elevation in Bogotá, Colombia: 96.97° & 50.65° The EIRP values are for Bogotá, Colombia										
SES 6 © LyngSat, last updated 2018-09-25 - <a href="https://www.lyngsat.com/SES-6.html">https://www.lyngsat.com/SES-6.html</a>										
Frequency Beam EIRP (dBW)		Provider Name Channel Name		System Encryption	SR-FEC SID-VPID	ONID-TID C/N lock APID Lang.				Source Updated
3627 L tp 52 Hemi		AgroBrasil TV		F S	DVB-S2 MPEG-2	2787-3/5 8PSK 1 - 256	0-1 5.5 258 Por			N Schlammer 160410
3629 R tp 51 Hemi		TV União Fortaleza			DVB-S2	1588-3/5 8PSK	1429-1429 5.5			M Hajdú 180623
		TV União Fortaleza		F S	MPEG-4	13728 800	801 Spa AAC			
		TV União Fortaleza		F S	MPEG-4	13752 545	546 Spa AAC			
3637 L tp 52 Hemi		MAYA TV		F S	DVB-S	1855-3/4 1 - 4001	1-1 5.5 4002 Spa			R Cattapan 101016
3639 L tp 52 Hemi										S Bursell 180704
3641 R tp 51 Hemi		CMB TV		F S	DVB-S	2666-3/4 100 - 100	1-0 5.5 110 Spa			Drhans-tv 161113
3641 L tp 52 Hemi		(feeds)			DVB-S2	2788-3/5 8PSK				Zelda 171125
3645 L tp 52 Hemi		TV Nazaré		F	DVB-S	2532-3/4 100 - 100	1-0 5.5 110 Por			Onacla 141122
3648 R tp 51 Hemi		Rede Gênesis			DVB-S2	2000-4/5 8PSK	100-100 6.6			M Hajdú 180720
		Rede Gênesis		F	MPEG-4/HD	1 530	531 Por AAC 533 Por			
		Rede Gênesis		F	MPEG-4	2 540	541 Por AAC			
		Rede Gênesis		F	MPEG-2	4 337	340 Por			
		Sara Brasil FM		F S		3	341 Por			
3652 L tp 52 Hemi		TV Grande Rio		F	DVB-S	4000-5/6 1 - 33	0-1 6.5 34 Por			M Hajdú 150528
		Grande Rio FM 100.7		F S		2	43 Por			
3657 L tp 52 Hemi		Record Mato Grosso do Sul		F	DVB-S MPEG-2	3255-3/4 1 - 1110	65535-1 5.5 1211 Por			S Bursell 180724
		FM Cidade 97		F S		1	1213 Por			
3660 L tp 52 Hemi		Suram		F S	DVB-S2 MPEG-4/HD	1250-3/4 8PSK 257 - 258	1-1 7.9 259 Spa			S Bursell 180704
3667 L tp 54 Hemi										M Hajdú 180817
3672 L tp 54 Hemi										M Hajdú 180817
3673 R tp 53 Hemi		(Roberts Communications Network feeds)			DVB-S2	4700-5/6 8PSK				R Cattapan 131224
3677 L tp 54 Hemi										S Bursell 180720
3679 R tp 53 Hemi		(feeds)			DVB-S2	4343-3/4 8PSK				Onacla 160720
3682 L tp 54 Hemi		TLX		F S		200 2160	2120 Spa AC3			new
		Argentinisima Satelital		F S		300 3170	3171 Spa			

Dentro de las frecuencias asignadas a diferentes funcionalidades se escoge la frecuencia 3679 MHz la cual se encuentra libre en la cual se podrá realizar la retransmisión del canal digital de televisión, con estos datos se procede a realizar los cálculos para la transmisión del canal al satélite.

ENLACE: SATELITE-SEDE CAMPUS

$$\phi_d = \phi_s - \theta_r \quad (30)$$

Donde:

$\phi_s$  = Longitud del satélite

$\phi_r$  = Longitud de la estación terrena

$\theta_r$  = Latitud de la estación terrena

La estación terrena para el enlace satelital estará ubicada en el campus de la Universidad Santo Tomas en la ciudad de Villavicencio con las siguientes coordenadas:

Latitud: 4° 6'31.52"N

Longitud: 73°39'20.02"O

De donde se obtiene:

$$\phi_r = 73.655561 \quad (31)$$

$$\theta_r = 4.108755 \quad (32)$$

La longitud del satélite: 40.5° W

$$\phi_d = 40.5 - 73.655561 \quad (33)$$

$$\phi_d = -33.15^\circ \quad (34)$$

Ángulo de variación

$$x = \cos^{-1}(\cos\theta_r \cos\phi_d) \quad (35)$$

$$x = \cos^{-1}(\cos\theta_r \cos\phi_d) \quad (36)$$

$$x = 33.38^\circ \quad (37)$$

Ángulo de elevación

$$Elv = \tan^{-1} \left( \frac{1}{\tan(x)} - \frac{r}{r+h} * \frac{1}{\text{sen}(x)} \right) = 51.17^\circ \quad (38)$$

Donde:

r= radio de la tierra (6378 km)

h=distancia (35787km)

x= ángulo de variación

AZIMUTH

El azimut es una medida de apertura horizontal a una dirección de referencia, en este caso es el satélite a donde va dirigido el apuntamiento de la estación terrestre en este caso el campus de la universidad.

$$Az = \tan^{-1} \left( \frac{\text{Tan}\phi_d}{\text{Sen}\theta_r} \right) \quad (39)$$

$$Az = \tan^{-1} \left( \frac{\text{Tan}\phi_d}{\text{Sen}\theta_r} \right) + 180^\circ \quad (40)$$

$$Az = 96.26^\circ \quad (41)$$

Distancia real

$$d = h\sqrt{1 + 0.42(1 - \cos\theta_r * \cos\phi_d)} \quad (42)$$

$$d = 35787\sqrt{1 + 0.42(1 - \cos(4.108755) * \cos(-33.15556))} \quad (43)$$

$$d = 37005.98 \text{ km} \quad (44)$$

Atenuación del espacio libre

$$\alpha_{EL} = 32,44 + 20 \log(D) + 20 \log(F) \quad (45)$$

Donde:

D, es la distancia en kilómetros (Km) medida desde el sitio de transmisión hasta el punto más lejano de recepción

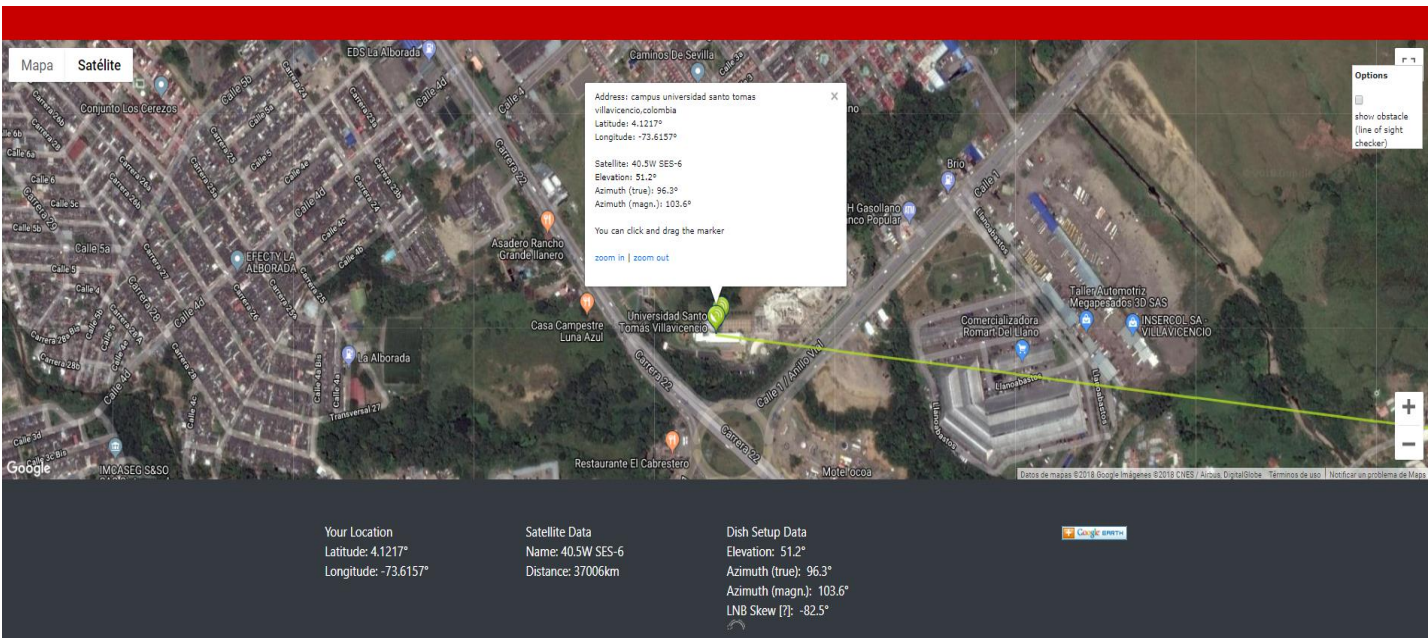
F, es la frecuencia central en MHz (Mega Hertz)

Remplazando se obtiene:

$$\alpha_{EL} = 32,44 + 20 \log(37005.98 \text{ km}) + 20 \log(3679) \quad (46)$$

$$\alpha_{EL} = 195.12 \text{ dB} \quad (47)$$

Figura 27 Simulación de la orientación de la antena al satélite SES-6



Fuente[40]

ENLACE: SATELITE-SEDE CAMPUS

$$\phi_d = \phi_s - \theta_r \quad (48)$$

Donde:

$\phi_s$  = Longitud del satélite

$\phi_r$  = Longitud de la estación terrena

$\theta_r$  = Latitud de la estación terrena

La estación terrena para el enlace satelital estará ubicada en el campus de la Universidad Santo Tomas en la ciudad de Villavicencio con las siguientes coordenadas:

Latitud: 4° 6'31.52"N  
Longitud: 73°39'20.02"O

De donde se obtiene:

$$\phi_r = 73.655561$$

$$\theta_r = 4.108755$$

La longitud del satélite: 40.5° W

$$\phi_d = 40.5 - 73.655561 \quad (49)$$

$$\phi_d = -33.15^\circ \quad (50)$$

Ángulo de variación

$$x = \cos^{-1}(\cos\theta_r \cos \phi_d) \quad (41)$$

$$x = \cos^{-1}(\cos\theta_r \cos \phi_d) \quad (52)$$

$$x = 33.38^\circ \quad (53)$$

Ángulo de elevación

$$Elv = \tan^{-1}\left(\frac{1}{\tan(x)} - \frac{r}{r+h} * \frac{1}{\text{sen}(x)}\right) = 51.17^\circ \quad (54)$$

Donde:

r= radio de la tierra (6378 km)

h=distancia (35787km)

x= ángulo de variación

## AZIMUTH

El azimut es una medida de apertura horizontal a una dirección de referencia, en este caso es el satélite a donde va dirigido el apuntamiento de la estación terrestre en este caso el campus de la universidad.

$$Az = \tan^{-1} \left( \frac{\text{Tan}\phi_d}{\text{Sen}\theta_r} \right) \quad (55)$$

$$Az = \tan^{-1} \left( \frac{\text{Tan}\phi_d}{\text{Sen}\theta_r} \right) \quad (56)$$

$$Az = -83.74^\circ \quad (57)$$

Distancia real

$$d = h\sqrt{1 + 0.42(1 - \cos\theta_r * \cos\phi_d)} \quad (58)$$

$$d = 35787\sqrt{1 + 0.42(1 - \cos(4.108755) * \cos(-33.15556))} \quad (59)$$

$$d = 37005.98 \text{ km} \quad (60)$$

Atenuación del espacio libre

$$\alpha_{EL} = 32,44 + 20 \log(D) + 20 \log(F) \quad (61)$$

Donde:

D, es la distancia en kilómetros (Km) medida desde el sitio de transmisión hasta el punto más lejano de recepción

F, es la frecuencia central en MHz (Mega Hertz)

Remplazando se obtiene:

$$\alpha_{EL} = 32,44 + 20 \log(37005.98 \text{ km}) + 20 \log(3679) \quad (62)$$

$$\alpha_{EL} = 32,44 + 20 \log(37005.98 \text{ km}) + 20 \log(3679) \quad (63)$$

$$\alpha_{EL} = 195.12 \text{ dB} \quad (64)$$

## 12. Cotizaciones

### 12.1 Cotización N° 1 (ABE-ADVANCED BROADCASTING ELECTRONICS)

Tabla 5 . Cotización de dispositivos para radiación y enlace satelital dada por la empresa ABE.

Pos	Code/Mode	Description	Q.ty	Unit price (euro)	Extended price (€)	Unit price (\$)
1	DML7	STL Digital Link, 5.7GHz-to-8.6GHz in subbands of 500MHz (agile - steps 100KHz); 1Video/2Audio/SDI; parabolic antennas D.70cm included				
<b>Tx</b>						
1.1	DME5010	MPEG-4/H264 SD + Full HD Audio/Video Encoders; 1Video + 2 mono Audio (one stereo pairs) DVB-S/S2 Modulator QPSK/8PSK/16PSK /32APSK constellations, IF 950 to 1750MHz output, non linearprecorrection; 19" 1U rack drawer; 90-to-260V AC	1	4800,00	4800,00	\$17.103.792,00
1.2	HM-PSU24/2°	PSU VDC +24V 2APSU, housed in DME (for BUC)	1	150,00	150,00	\$534.493,50
1.3	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00	\$677.025,10
1.4	BUC7-1W0	Transmitter 5.7 to 8.6GHz, in sub-bands of 500MHz (BUC – Block UP Converter), L-Band input; RF 1W@c.p., VDC by IF cable	1	1950,00	1950,00	\$6.948.415,50
1.5	DML-BWS	Bracket + Fibreglass weathershield	1	235,00	235,00	\$837.373,15
1.6	CF393-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00	\$267.246,75
1.7	A/P70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00	\$1.051.170,55
1.8	A/I7-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00	\$1.086.803,45
1.9	A/RA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm	1	195,00	195,00	\$694.841,55
<b>Rx</b>						
1.10	A/P70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00	\$1.051.170,55
1.11	A/I7-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00	\$1.086.803,45
1.12	A/RA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm	1	195,00	195,00	\$694.841,55
1.13	CF393-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00	\$267.246,75
1.14	LNB7-PLL	Receiver 5.7-to-8.7GHz, in subbands of 500MHz (LNB – Low Noise Block downconverter - PLL), "L Band" output; VDC by IF cable	1	950,00	950,00	\$3.385.125,50
1.15	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00	\$677.025,10
<b>Total Pos 1</b>					10205,00	\$36.363.374,45
<b>Microondas</b>						
Pos	Code/Mode	Description	Q.ty	Unit price (euro)	Extended price (€)	Unit price (\$)
2		<b>Transmitter 400W DVB-T2 option: DVB-S/S2 receiver (ref. microwave link system pos. 1)</b>				

2.1	HB-S2	DVB-S/S2 multistream Receiver Demodulator card (QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK); L-band input (housed in MTX exciter)	1	500,00	500,00	\$1.781.645,00
-----	-------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------	--------	----------------

2.2	MTXD400/U_T2	400W rms DVB-T2 UHF TV Transmitter (Compact Version), with I&Q Direct Digital Synthesis (DDS) Modulator, double ASI input. Remote control LAN interface (Web server, e-mail client & SNMP); 19" 3UR	1	12000,00	12000,00	\$42.759.480,00
2.3	HB-AP	option UHF Adaptive non-linear precorrection	1	500,00	500,00	\$1.781.645,00
2.4	HF-U600/6	Output Filter 6C, UHF 600W, including interconnections & support	1	1620,00	1620,00	\$5.772.529,80
2.5	HR-15U	19" 15U Rack Cabinet, complete with slides, automatic mains breaker, wiring, front/rear panels and interconnecting cables	1	1350,00	1350,00	\$4.810.441,50
2.6	HR-SC	Surge Controller (one phase)	2	115,00	230,00	\$819.556,70
<b>Total Pos 2</b>					16200,00	\$57.725.298,00

<b>Antenna system</b>						
Pos	Code/Model	Description	Q.ty	Unit price (euro)	Extended price (€)	
3	RS-U2/16	12 panels 5 RS-U2/16 UHF Broadband Antenna system with 12 (twelve) panels mod. LB13/SA, Splitter, interconnecting cables between splitters to panels (phase controlled), radiation system CAD design (input FL 7/8")	1	8280,00	8280,00	\$29.504.041,20
<b>Total Pos 3</b>					8280,00	\$29.504.041,20
					<b>TOTAL</b>	\$123.592.713,65

## 12.2 Cotización N° 2 (BROADCAST DEPOT)



7782 NW 46th St # 20  
 Doral FL 33166 USA  
 T: (305) 599-3100 - F:(305) 599-3908  
 www.7bd.com - sales@7bd.com

SALES QUOTE	
213575	11/13/2018

Customer	Contact	Ship To
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS MARCO ANTONIO VEGA TORRES CARRERA 9 # 51-11 BOGOTA, COLOMBIA T: # 57-316-380-4220	SEBASTIAN TAFUR SEBASTIAN TAFUR T: # 57-316-380-4220 Email: sebastiantafur@usantotomas.edu.co	UNIVERSIDAD SANTO TOMAS MARCO ANTONIO VEGA TORRES CARRERA 9 # 51-11 BOGOTA, COLOMBIA T: # 57-316-380-4220

Account	Terms	Due Date	Account Rep.	Via
119257	Cash	12/13/2018	Juan Manuel Aguilo	
Quotation	PO #	Incoterm	Page	Printed
213575		EXW	1/2	11/13/2018 3:13 pm

L	Item	Description	Qty	Price	Discount	Price w/Disc	Amount
1	**** TRANSMITTER AND ANTENNA SYSTEM ****						
2	SLIM301-700-ATSC	SYES SLIM3_01_UHF_SD_PCM-LP UHF TV TRANSMITTER SOLID STATE ATV 1000 W PS, ATSC 700 WRMS, COFDM 600 WRMS, 230VAC 1PH SINGLE PHASE OR 3PH THREE PHASE REGULATION +/-15%, POWER CONSUMPTION 2840 W, AIR COOLING 4 RU SYSTEM INCLUDES: - EXCITER - POWER AMPLIFIER AMPSLIM301, 6RU - RACK NO INCLUDED  KEY FACTS: - MULTIMODE PLATFORM – SAME HARDWARE: SYSTEM DRIVER, LOW POWER TRANSMITTER, HETERODYNE TRANSPOSER, REGENERATIVE TRANSMITTER, TRANSLATOR (INTEGRATED DVB-S2 RECEIVER), GAPPILLER AND SINGLE FREQUENCY ECHO CANCELLER - MULTISTANDARD TRANSMITTER: ALL DIGITAL / ALL ANALOG IN THE SAME HARDWARE - OUTPUT POWER SOLUTION UP TO 700W RMS ATSC / 1000W PS ANALOG - 2X INPUT= SAT (S2 WITH CAMSL0T), ETHERNET, ASI= HITLESS SWITCH - REGENERATIVE AND SFN GAPPILLER FUNCTIONALTY - FREQ. AGILE WITH STATIC OR ADAPTIVE PRE-CORRECTION - BUILT IN GPS RECEIVER - EASY TO USE: WEB GRAPHIC INTERFACE GUI RESPONSE. - UP TO SEVERAL AMPLIFIERS HOUSED IN ONE 19" STANDARD RACK COUNTRY OF ORIGIN : ITALY, SCHEDULE B :8525.50.7010	1	\$ 28,797.00	\$ 10,802.00	\$ 17,995.00	\$ 17,995.00
3	SYE-8P-SL2-U	SYES 8 POLES OUTPUT FILTER FOR SLIM1000-U/SLIM1250	1	\$ 5,134.00	\$ 1,926.00	\$ 3,208.00	\$ 3,208.00
4	ERIAL8SERIES	ERI SLOT ANTENNA 8 BAY 2KW AVERGAE	1	\$ 4,800.00	\$ 900.00	\$ 3,900.00	\$ 3,900.00

**BANK INFO:** Bank of America N.A. 222 Broadway, New York, NY 10038  
 Acct # 898052327642; Swift # BOFAUS3N; ABA # 026009593  
 Beneficiary: Broadcast Depot Corp.

**TERMS & CONDITIONS:**

- This document is valid for 30 days. Prices are subject to change without any notification.
- Payment with credit cards will incur a 3% charge.
- Payment with paypal will incur a 4.5% charge.
- Past due invoices will incur a 3% charge on a monthly basis.
- Freight not included. (Unless notified).
- IF TAX EXEMPT, Certificate of exemption required before shipping.
- No returns after 30 days, freight is Non-refundable.
- All returns are subject to a 10-20% Restocking fee.
- We only accept returns on stocking items in "as new" condition.
- All credit card orders will incur a 10% re-stock charge for returns.
- Custom Products cannot be returned or refunded.



7782 NW 46th St # 20  
 Doral FL 33166 USA  
 T: (305) 599-3100 - F:(305) 599-3908  
 www.7bd.com - sales@7bd.com

SALES QUOTE	
213575	11/13/2018

L	Item	Description	Qty	Price	Discount	Price w/Disc	Amount
5	ANDAVAS-50	*ANDREW AVAS-50 LOW LOSS 7/8-INCH HELIAX COAXIAL CABLE, 0.5-4900 MHZ, PRICE PER FOOT RAFC 1113*	250	\$ 7.71	\$ 1.26	\$ 6.45	\$ 1,612.50
6	AND19256B	ANDREW 19256B HOISTING GRIP FOR 7/8-INCH COAXIAL CABLES AND EW77 ELLIPTICAL WAVEGUIDE RAFX 1114	1	\$ 31.42	\$ 3.14	\$ 28.28	\$ 28.28
7	AND220497	ANDREW 220497 7/8" GROUNDING KIT, TWO HOLE 1/4" LUG, 60", FIELD CRIMP-ON LUG RAFX 0109 REPLACING 241088-7.	2	\$ 35.53	\$ 5.33	\$ 30.20	\$ 60.40
8	AND42396A-5	*ANDREW 42396A-5 STANDARD HANGER KIT OF 10 FOR 7/8 "" COAX AND EW85 EW90 WAVEGUIDE HELIAX RAFX 1114*	3	\$ 32.32	\$ 4.40	\$ 27.92	\$ 83.76
9	AND31769-4	ANDREW 31769-4 1/2" HARDWARE KIT QTY. 10 WITH 1-1/4" FILLISTER-HEAD BOLTS LOCK WASHERS AND NUTS	3	\$ 40.68	\$ 0.00	\$ 40.68	\$ 122.04
10	ANDA5PE78-RCN	*ANDREW ALSE78-PS 7/8 "" EIA FOR 7/8 "" COAXIAL CABLE AVAS-50 0107*	2	\$ 177.75	\$ 38.75	\$ 139.00	\$ 278.00
11	<b>*** MICROWAVE SYSTEM ***</b>						
12	ELB-SL13GHZ	ELBER DIGITAL COMPLETE MICROWAVE SYSTEM SKYLINK FULL DUPLEX 13GHZ WITH 4 FT ANTENNAS SPLIT- MOUNT ASI & IP V/O INCLUDES : 2 THP 12-127SI 4" HP ANTENNA, 12.75 - 13.25 GHZ, SINGLE POL, ODU MOUNTING 2 KIT-DM-FA-13 KIT FOR ANTENNA DIRECT MOUNT, 12.75 - 13.25 GHZ IN UBR120 4 2CONN1229 1" CONNECTOR FOR RG214 100 1B0CA0205 COAXIAL CABLE RG214/U, L=1 M 1 ESKODU/FD/13XX/HP ODU.S.13XX/HP 1 ESKODU/FD/13XX/HP ODU.S.13XX/HP 2 HS+SDIDU IDU FOR HS+LINK, HALF-RACK UNIT, 500MBPS, 80 MHZ BW 48VDC 2 PS-230U48-02 SDIDU POWER SUPPLY 230VAC/48VDC/90W 2 SFP-1001-01 SFP PASSIVE CABLE, 1M, INCLUDING SFP MODULES FOR UNITS INTERC. 2 EMM-ASI-001 OPTIONAL MODULE 4XASI, 48VDC	1	\$ 36,094.50	\$ 0.00	\$ 36,094.50	\$ 36,094.50
13	<b>*** ENCODER ***</b>						
14	PCEM-QHDSIDVB-T	*POWERCAST PCEM-QHDDVB-T 4CH HD/SD SDI IPI/ASI ENCODER DVB-T2 MODULATOR MPEG2/MPEG4 QUAD CHANNEL ENCODER MODULATOR WITH AC3 AND AAC AUDIO, HARMONIZED CODE:85437099,* 852510	1	\$ 3,995.00	\$ 0.00	\$ 3,995.00	\$ 3,995.00

[<<Click here to edit your Quote>>](#)

<a href="#">&lt;&lt;BANK TRANSFER FORM URL LINK&gt;&gt;</a> <a href="#">&lt;&lt;CREDIT CARD FORM ENGLISH URL LINK&gt;&gt;</a> <a href="#">&lt;&lt;CREDIT CARD FORM SPANISH URL LINK&gt;&gt;</a> <b>BANK INFO:</b> Bank of America N.A. 222 Broadway, New York, NY 10038 Acct # 898052327642, Swift # BOFAUS33; ABA # 026009593 Beneficiary: Broadcast Depot Corp. <b>TERMS &amp; CONDITIONS:</b> - This document is valid for 30 days. Prices are subject to change without any notification. - Payment with credit cards will incur a 3% charge. - Payment with paypal will incur a 4.5% charge. - Past due invoices will incur a 3% charge on a monthly basis. - Freight not included. (Unless notified). - IF TAX EXEMPT, Certificate of exemption required before shipping. - No returns after 30 days, freight is Non-refundable. - All returns are subject to a 10-20% Restocking fee. - We only accept returns on stocking items in "as new" condition. - All credit card orders will incur a 10% re-stock charge for returns. - Custom Products cannot be returned or refunded.	<b>Tax Details</b> Exempt: 0.0%	<b>Taxable</b> \$ 40,089.50 <b>Total Tax Exempt</b> \$ 27,267.98 <b>Freight</b> 0.00 <b>Total</b> \$ 67,377.48 <b>Payment Discount</b> \$ 0.00 <b>Paid</b> \$ 0.00 <b>Balance</b> \$ 67,377.48
_____ <b>Approved by</b>		

### 12.3 Análisis de cotizaciones

Figura 28 Análisis de cotizaciones

PROVEEDORES		
CARACTERISTICAS	ABE	Broadcast Depot
<b>Costo</b>	\$ 123.592.713,65	\$ 211.171.128,94
<b>Método de pago</b>	30% orden 70% de acuerdo a facturación	50% orden 40% envió 10% entrega
<b>Entrega</b>	30/60 días	30/60 días
<b>Tiempo de garantía</b>	5 años	3 años

Para elegir el proveedor adecuado para la implementación del radioenlace y el enlace de microondas se deben tener en cuenta ciertos factores tales como requerimientos técnicos y condiciones propias del proyecto, por tal motivo se elige como proveedor de los equipos de radiación y enlace microondas a la compañía italiana Abe (Advanced Broadcasting Electronics), debido a que cuenta con la trayectoria necesaria para realizar proyectos de radio y/o televisión en diferentes ciudades.

## 12.4 Proveedor Producción

Tabla 6 Proveedor de producción

### Compañía Comercial Curaçao de Colombia S.A

Modelo	Descripción	Cant.	VR/UNIT (USD)	VR/TOTAL (USD)	VR/TOTAL (COP)
MCX-500	El MCX-500 es un mezclador de producción asequible, diseñado exclusivamente para la comodidad del usuario y con una flexibilidad que facilita que un solo operador o un pequeño equipo produzca un evento en directo con calidad broadcast. Las diversas entradas de vídeo entre las que se incluyen 3G-SDI, HDMI, Vídeo compuesto y DSK especializado significan que puede combinar y conciliar el kit según sea necesario	1	\$2.759,00	\$ 2.759,00	\$ 9.748.788,55
HXR-NX5R	El HXR-NX5R es el camcorder portátil Full HD definitivo, sucesor excepcional de los populares modelos HXR-NX5 y HXR-NX3, y cuenta con grabación XAVC S, salida 3G-SDI y flujo de trabajo inalámbrico. Esta herramienta puede utilizarse para todo, desde vídeos empresariales y educativos hasta eventos en directo	3	\$ 2.759,00	\$ 9.748.788,55	\$ 2.759,00
LMD-B170	Monitor LCD Full HD de 17" de gama básica, rentable y ligero para un uso versátil	1	\$ 12.252,00	\$ 43.291.829,40	\$ 12.252,00
RM-30BP	Mando a Distancia	1	\$ 2.040,00	\$ 7.208.238,00	\$ 2.040,00

MDR-7506	Auriculares profesionales estéreo	4	\$ 1.285,00	\$ 4.540.483,25	\$ 1.285,00
RS-250DM	Tripodes para cámara propuesta. LIBEC	3	\$ 471,00	\$ 1.664.254,95	\$ 471,00
UWP-D16/42	Paquete de micrófono inalámbrico de petaca UWP-D con transmisor acoplable XLR. SONY	3	\$ 3.003,00	\$ 10.610.950,35	\$ 3.003,00
TELEX BTR-800	Telex BTR-800 2-Channel UHF Base Station (A4M Telex, A2: 518-536MHz Transmit/632-650MHz Receive), INCLUDED CUATRO Telex TR-800 2-Channel UHF Transceiver (A4F RTS, A2: 518-536MHz Receive/632-650MHz Transmit)	1	\$ 2.829,00	\$ 9.996.130,05	\$ 2.829,00
ODS-280U	La unidad independiente de Optical Disc Archive con velocidades de transferencia muy altas de 1 Gbps de escritura (verificación activada) y 2 Gbps de lectura con el cartucho ODC- 3300R de 2. <sup>a</sup> generación	1	\$ 19.696,00	\$ 69.594.831,20	\$ 19.696,00
ODC-1200RE	Sony 1.2TB Rewritable Optical Disc Cartridge	5	\$154,00	\$ 770,00	\$ 2.720.756,50
<b>SUBTOTAL</b>				\$52.767,00	\$161. 572, 554
<b>IVA 19%</b>				\$10.026,00	\$ 35.426.369,70
<b>TOTAL</b>				\$62.793,00	\$ 221.875.925,85

## 12.5 Descripción equipos de producción

### 12.5.1 Mezclador MCX-500

Los eventos masivos son una experiencia que todo usuario quisiera ver en el momento preciso, gracias a la versatilidad que este mezclador ofrece, el cual es capaz de ser controlado remotamente o manualmente dependiendo la operación que se le desee dar a este, además cuenta con la facilidad de poder mezclar, manipular, escoger, quitar secciones de video o audio, conjuntamente se pueden agregar los efectos necesarios en una transmisión ya sea en vivo o a través de streaming por internet ya que cuenta con 8 fuentes de video externas las cuales pueden interactuar entre sí para que una emisión se ejecute de la manera más adecuada dependiendo el evento a transmitir con una alta calidad de imagen alcanzando una resolución de 1920x1080p o mejor llamada Full HD.

*Figura 29 Mezclador MCX-500*



*Fuente [39]*

### 12.5.2 Cámara de video profesional HXR-NX5

Las imágenes mueven al mundo, por este motivo el impacto que ellas generen en el usuario final es lo más importante a la hora de realizar una toma de imágenes en cualquier contexto de filmación, para ello esta videocámara de mano de tecnología de punta que produce imágenes en full HD con formatos adaptables a diversos dispositivos existentes en el mercado (XAVX S, 3G-SDI) que facilitan su portabilidad conjuntamente con un flujo de trabajo inalámbrico, teniendo en cuenta que los detalles influyen bastante en la experiencia del usuario, esta cámara está diseñada para que se pueda realizar imágenes nítidas y enfocadas de la manera adecuada para dar ese toque de realidad utilizando 3 sensores que captan de manera independiente las luces rojas, azules y verdes lo cual contribuye a que se genere la alta resolución con un amplio rango dinámico, adicional a esto cuenta con un menú que permite cambiar parámetros de la filmación en directo sin dejar pasar el evento en ejecución. La adaptación de una cámara a cualquier entorno de grabación facilita los trabajos de edición y post-producción, esta cámara cuenta con diversos accesorios (luz de video LED ajustable, terminal 3G-SDI con salida Full HD a 60p), que ayudan a que las tomas de imágenes sean las más adecuadas para presentar al público reduciendo de manera inteligente las diversas distorsiones que se puedan presentar durante la transmisión.

*Figura 30 Mezclador MCX-500*



*Fuente [39]*

### 12.5.3 Monitor Full HD LCD Sony LMD-B 17"

La interacción entre lo que se graba y lo que realmente se va a enviar para el usuario final con una muy buena calidad de imagen logrando la resolución de 1920x1080p o mejor llamada Full HD, este monitor está diseñado para integrarse con otros dispositivos de emisión de imágenes ajustándose a diversas aplicaciones profesionales, gracias a su diseño robusto, el cual es resistente a caídas, haciendo a su vez más fácil su transporte, ya que tiene la posibilidad de ser montado a la pared, además de ello puede funcionar con corriente alterna.

*Figura 31 Monitor Full HD LCD Sony LMD-B 17"*



*Fuente [39]*



### 12.5.6 Trípode RS-250DM

Los diferentes eventos cuentan con diversas escenas en las cuales los planos que se presentan son muy estáticos, para este tipo de imágenes se utilizan los trípodes que son diseñados para soportar las cámaras que van a realizar estas tomas, este trípode cuenta con la capacidad de soportar una cámara de hasta 13 libras lo cual hace más fácil el manejo de estas para desarrollar este tipo de eventos.

*Figura 34 Trípode RS-250DM*



*Fuente [39]*

### 12.5.7 Estación Base UHF BTR-800 y Transceptores TR-825.

La comunicación interna de la producción del canal es bastante importante para que la calidad de lo producido sea de la más alta calidad, para ello se utiliza una estación base la cual es capaz de recibir y enviar diverso contenido a través de los dos canales con los cuales cuenta, uno con un ancho de banda de 470-488 MHz que se utiliza para la transmisión de información, para la recepción se utiliza el otro canal que cuenta con un poco más de ancho de banda debido a que el contenido que se recibe puede contener más información debido a la edición que se le haya realizado, este canal tiene un ancho de banda de 590-608 MHz, para la comunicación con la base principal existen unos dispositivos que se le conocen con el nombre de transceptores (TR-825), los cuales funcionan a la mismas frecuencias de emisión y recepción para que no se llegue a cruzar información no pertinente.

Figura 35 Estación Base UHF BTR-800 y Transceptores TR-825.



Fuente [39]

### 12.5.8 Unidad de disco ODS-D280U y discos regrabables ODC-1200RE

El almacenamiento de información se ha vuelto una lucha constante de la evolución tecnológica, innovando en capacidad con un tamaño cada vez más pequeño, además de esto logrando que la información perdure por bastante tiempo, para ello las unidades de disco se han vuelto indispensables para un ambiente de producción audiovisual. Esta unidad posee altas velocidades para la lectura y escritura en disco, tiene una velocidad de 2 GB/s para ejecutar acciones de lectura y para la escritura de 1 GB/s cuenta con la capacidad de admitir un solo disco cuyo contenido de información sea de hasta 3.3 TB, los discos (ODC-1200RE) a utilizar cuentan con una capacidad de almacenamiento de 1.2TB

Figura 36 Unidad de disco ODS-D280U y discos regrabables ODC-1200RE



Fuente [39]

Para que la producción del canal digital de televisión realice todas las funciones requeridas tales como coordinación, planificación, realización del presupuesto, grabación y post producción, se requiere de un talento humano capacitado para cumplir con las tareas asignadas.

La RTVC (Radio Televisión Nacional De Colombia) en su banco de archivos cuenta con una serie de valores correspondientes a la escala salarial de la producción del canal, expuestos en la tabla 7.

Tabla 7 Escala salarial RTVC

RADIO TELEVISION NACIONAL DE COLOMBIA 2018				
DENOMINACION DEL EMPLEO	CÓDIGO	GRADO	ASIGNACION BASICA MENSUAL	No. De CARGOS
<b>EMPLEADOS PÚBLICOS</b>				
<b>NIVEL DIRECTIVO</b>				<b>4</b>
Gerente	0015	25	\$ 11.283.086	1
Subgerente de Televisión	40	23	\$ 9.697.833	1
Subgerente de Radio	40	23	\$ 9.697.833	1
Subgerente de Soporte Corporativo	40	23	\$ 9.697.833	1
<b>NIVEL ASESOR</b>				<b>3</b>
Jefe Oficina Asesora Jurídica	1045	16	\$ 8.766.680	1
Asesor Control Interno	1020	9	\$ 5.881.981	1
Asesor Control Interno Disciplinario	1020	8	\$ 5.596.925	1
<b>NIVEL PROFESIONAL</b>				<b>2</b>
Profesional Especializado	2028	16	\$ 4.286.977	1
Profesional Universitario	2044	11	\$ 2.923.678	1
<b>TOTAL EMPLEADOS PUBLICOS</b>				<b>9</b>
<b>TRABAJADORES OFICIALES</b>				
<b>NIVEL EJECUTIVO</b>				<b>24</b>
Director de Tecnologías	20D.T.	VI	\$ 9.697.832	1
Director de Canal	20D.C.	V	\$ 8.359.650	2
Director de Radio	20D.R.	IV	\$ 7.430.799	2
Coordinador de Gestión	20C.G.	III	\$ 7.153.530	6
Coordinador de Área	20C.A.	II	\$ 6.687.721	9
Jefe de Grupo	20J.G.	I	\$ 5.944.638	4
<b>NIVEL PROFESIONAL</b>				<b>13</b>
Profesional Especializado	30P.E.	III	\$ 5.944.638	4
Profesional Especializado	30P.E.	II	\$ 4.644.251	3
Profesional Universitario	30P.U.	I	\$ 3.745.123	6
<b>NIVEL TÉCNICO</b>				<b>25</b>
Técnico Administrativo	40T.A.	II	\$ 3.007.705	3
Técnico Operativo	40T.O.	II	\$ 3.007.705	17
Técnico Administrativo	40T.A.	I	\$ 2.786.551	5
<b>NIVEL OPERATIVO</b>				<b>1</b>
Conductor	50C.O.	I	\$ 2.200.967	1
<b>TOTAL TRABAJADORES OFICIALES</b>				<b>63</b>
<b>TOTAL EMPLEADOS PUBLICOS</b>				<b>9</b>
<b>TOTAL TRABAJADORES OFICIALES</b>				<b>63</b>
<b>TOTAL EMPLEADOS</b>				<b>72</b>

Fuente [38]

Tabla 8 inversión inicial

<b>Inversión inicial para la realización del canal digital de Televisan para la Universidad Santo Tomas sede Villavicencio</b>	
<b>Radioenlace</b>	\$163.590.964,80
<b>Producción</b>	\$ 221.875.925,85
<b>Total</b>	\$385.466.890,7

Tabla 9 valores arquitectura 2019-1

Cantidad de estudiantes	Valor de semestre	Valor total
112	5093000	570416000

Teniendo en cuenta la inversión inicial que se debe realizar para llevar a cabo el proyecto representa el 60.54 % del valor pagado por los estudiantes de la facultad de arquitectura en Villavicencio en un semestre para suplir la inversión inicial.

Se debe tener en cuenta que solo se está considerando los estudiantes que pertenecen actualmente a la facultad de arquitectura como los ingresos de la Universidad Santo Tomas en la sede de Villavicencio

## Retorno de Inversión

$$ROI = \frac{\text{ingresos} - \text{gastos}}{\text{gastos}} \quad (63)$$

$$ROI = \frac{570416000 - 345.468639,5}{345.468639,5} \quad (64)$$

$$ROI = 0.65 \quad (65)$$

De lo cual se puede concluir que el retorno de inversión es positivo lo cual indica que es un proyecto que generara ganancias para la Universidad. Sin embargo como este proyecto es orientado a largo plazo, las ganancias serán mayores al cabo de un periodo de tiempo dependiendo los ingresos de la Universidad y aquellas nuevas entradas económicas que entraran con la ejecución del proyecto, tales como pautas publicitarias para el nuevo canal, además de lo que se ahorraran en las pautas publicitarias en otros canales.

ANEXO 1

*Inversión por la Universidad en pautas publicitarias*

<b>CANAL</b>	<b>VALOR PAUTA</b>	<b>PAUTAS AL AÑO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>CityTV</b>	<b>\$ 73.000.000</b>	<b>2</b>	<b>\$146.000.000</b>
<b>Canal TRO</b>	<b>\$ 23.000.000</b>	<b>3</b>	<b>\$69.000.000</b>

## ANEXO 2



Figura 1. Oferta académica en la Universidad Santo Tomás en la ciudad de Villavicencio.  
1

---

<sup>1</sup> USTA, «Universidad Santo Tomas Villavicencio,» [En línea]. Available: <http://www.ustavillavicencio.edu.co/site/>. [Último acceso: Miercoles Agosto 2017].

## ANEXO 3

### Pregrado

- ▶ Ingeniería Agroindustrial
- ▶ Licenciatura en Educación Infantil
- ▶ Medicina Veterinaria y Zootecnia
- ▶ Ingeniería Agronómica
- ▶ Economía
- ▶ Biología
- ▶ Ingeniería de Sistemas
- ▶ Ingeniería Electrónica
- ▶ Administración de Empresas (jornadas diurna y nocturna)
- ▶ Contaduría Pública (jornadas diurna y nocturna)
- ▶ Enfermería
- ▶ Licenciatura en Matemáticas
- ▶ Licenciatura en Producción Agropecuaria
- ▶ Licenciatura en Educación Física y Deporte
- ▶ Mercadeo

- 
- **Presencial**
- › Administración de Empresas
  - › Arquitectura
  - › Artes Plásticas y Visuales
  - › Bioquímica
  - › Comercio Internacional
  - › Contaduría Pública
  - › Derecho
  - › Diseño Industrial
  - › Enfermería
  - › Economía
  - › Hotelería y Turismo
  - › Hotelería y Turismo Ecológico
  - › Ingeniería Ambiental
  - › Ingeniería Biomédica
  - › Ingeniería Civil
  - › Ingeniería de Sistemas y Computación
  - › Ingeniería Electrónica
  - › Ingeniería en Control y Automatización Industrial

*Figura 2. Oferta académica en la Universidad del Llano (Unillanos).<sup>2</sup>*

*Figura 3. Oferta académica en la Universidad Antonio Nariño.<sup>3</sup>*

<sup>2</sup> unillanos, «[www.unillanos.edu.co](http://www.unillanos.edu.co),» [En línea]. Available: <http://www.unillanos.edu.co/>. [Último acceso: Agosto 2017].

<sup>3</sup> UAN, «[www.uan.edu.co](http://www.uan.edu.co),» [En línea]. Available: <http://www.uan.edu.co/villavicencio#>. [Último acceso: Agosto 2017].

# ANEXO 4 Cotización Abe



1

Page 1 of 2  
Caravaggio July 19<sup>th</sup>, 2017

to:  
**University Santo Tomas**  
Cra 9 # 51-11 Bogotá, Colombia  
Zip Code: 110231  
Cellphone: (57) 316 380 4220

Attn: Helen Socorro López Torres  
Sebastián Alejandro Tafur Correa  
Edwin Camilo Pardo Carranza  
Santiago Uruéfa Latorre  
Marco Antonio Vega Torres.

OFFER: 4138U17-OC19.7

pos	code/model	Description	Qty	unit price (€ euro)	extended price (€)
1	DML7	<b>STL Digital Link, 5.7GHz-to-8.6GHz in sub bands of 500MHz (agile - steps 100KHz); 1Video/2Audio/SDI; parabolic antennas Ø.70cm included</b>			
1.1	DME5010	<b>TX</b> MPEG-4/H264 SD + Full HD Audio/Video Encoders; 1Video + 2 mono Audio (one stereo pairs) DVB-S/S2 Modulator QPSK/8PSK/16PSK /32APSK constellations, IF 950 to 1750MHz output, non linear-precorrection; 19" 1U rack drawer; 90-to-280V AC	1	4.800,00	4.800,00
1.2	HM-PSU24V2"	PSU VDC +24V 2APSU, housed in DME (for BUC)	1	150,00	150,00
1.3	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00
1.4	BUC7-1W0	Transmitter 5.7 to 8.6GHz, in sub-bands of 500MHz (BUC – Block UP Converter), L-Band input; RF 1W@e.p., VDC by IF cable	1	1.950,00	1.950,00
1.5	DML-BWS	Bracket + Fibreglass weathershield	1	235,00	235,00
1.6	CF300-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00
1.7	AP70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00
1.8	AIT-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00
1.9	ARA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm	1	195,00	195,00
1.10	AP70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00
1.11	AIT-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00
1.12	ARA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm	1	195,00	195,00
1.13	CF300-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00
1.14	LNBT-PLL	Receiver 5.7-to-8.7GHz, in sub bands of 500MHz (LNB – Low Noise Block downconverter - PLL), "L Band" output; VDC by IF cable	1	950,00	950,00
1.15	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00
T 1		Total pos.1			10.205,00

Note: the DVB-S/S2 Receiver card is housed on MTX exciter (see below)

Microwave link DML7:

Agile Frequency 100KHz steps. Range from 5.7GHz to 8.6GHz, in sub-bands of 500MHz.

Range of the sub-bands:

5.700MHz to 6.140MHz, 6.140MHz to 6.540MHz, 6.540MHz to 7.020MHz, 7.020MHz to 7.500MHz, 7.500MHz to 8.050MHz, 8.050MHz to 8.600MHz



**ABE ELETTRONICA S.r.l.**  
Via Leonardo da Vinci, 234 - 24043 - CARAVAGGIO (BG)  
Tel. +39-0363-351.007 - Fax +39-0363-50.756  
[www.abe.it](http://www.abe.it) - [mail@abe.it](mailto:mail@abe.it)

Cod. Fisc. e P. IVA 01815800162  
Reg. Imprese di Bergamo 01815800162  
Capitale Sociale € 100.000,00 L.c.

to:  
**University Santo Tomas**  
Cra 9 # 51-11 Bogotá, Colombia  
Zip Code: 110231  
Cellphone: (57) 316 380 4220

Att.: Helen Socorro López Torres  
Sebastián Alejandro Tafur Correa  
Edwin Camilo Pardo Carranza  
Santiago Uruañá Latorre  
Marco Antonio Vega Torres.

Offer: 4136U17-0619.7

pos	code/model	Description	Qty	unit price (€ euro)	extended price (€)
1	DML7	<b>STL Digital Link, 5.7GHz-to-8.6GHz in sub bands of 500MHz (agile - steps 100KHz); 1Video/2Audio/SD; parabolic antennas D.70cm included</b>			
1.1	DME5010	TX MPEG-4/H264 SD + Full HD Audio/Video Encoders; 1Video + 2 mono Audio (one stereo pair) DVB-S/S2 Modulator QPSK/8PSK/16PSK /32APSK constellations, IF 950 to 1750MHz output, non linear-precorrection; 19" 1U rack drawer; 90-to-280V AC	1	4.800,00	4.800,00
1.2	HM-PSU2402	PSU VDC +24V 2APSU, housed in DME (for BUC)	1	150,00	150,00
1.3	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00
1.4	BUC7-1W0	Transmitter 5.7 to 8.6GHz, in sub-bands of 500MHz (BUC - Block UP Converter), L-Band input; RF 1W@e.p., VDC by IF cable	1	1.950,00	1.950,00
1.5	DML-BWS	Bracket + Fibreglass weathershield	1	235,00	235,00
1.6	CF300-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00
1.7	AP70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00
1.8	A17-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00
1.9	ARA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm	1	195,00	195,00
1.10	AP70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00
1.11	A17-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00
1.12	ARA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm	1	195,00	195,00
1.13	CF300-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00
1.14	LNBT-PLL	Receiver 5.7-to-8.7GHz, in sub bands of 500MHz (LNB - Low Noise Block downconverter - PLL), "L Band" output; VDC by IF cable	1	950,00	950,00
1.15	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00
T 1		Total pos.1			10.205,00

Note: the DVB-S/S2 Receiver card is housed on MTX exciter (see below)

**Microwave link DML7:**

Agile Frequency 100KHz steps. Range from 5.7GHz to 8.6GHz, in sub-bands of 500MHz.

Range of the sub-bands:

5.705MHz to 6.140MHz, 6.140MHz to 6.540MHz, 6.540MHz to 7.020MHz, 7.020MHz to 7.500MHz, 7.500MHz to 8.050MHz, 8.050MHz to 8.600MHz

pos	code/model	Description	Qty	unit price (€ euro)	extended price (€)
		<b>Antenna system</b>			
		<i>12 panels</i>			
5	RS-LD76	UHF Broadband Antenna system with 12 (twelve) panels mod. LB13/SA, Splitter, interconnecting cables between splitters to panels (phase controlled), radiation system CAD design (input FL 7/8")	1	8.280,00	8.280,00
		<i>16 panels</i>			
6	RS-LD76	UHF Broadband Antenna system with 16 (sixteen) panels mod. LB13/SA, Splitter, interconnecting cables between splitters to panels (phase controlled), radiation system CAD design (input FL 7/8")	1	11.040,00	11.040,00
		<i>18 panels</i>			
7	RS-LD78	UHF Broadband Antenna system with 18 (eighteen) panels mod. LB13/SA, Splitter, interconnecting cables between splitters to panels (phase controlled), radiation system CAD design (input FL 7/8")	1	12.420,00	12.420,00

Prices Offered are EX-works (Incoterms 2010, EXW)

Delivery Time: to be confirmed, according to the quantity and configuration  
three (3) working weeks from the confirmed order  
A shorter delivery time is possible according to our production schedule. It can be agreed at the order confirmation

Payment Terms:  
20% with order, 80% prior delivery - by Bank transfer.  
Bank Details:  
INTESA SAN PAOLO, Treviso branch  
- swift BCI TITM33 40  
- account N.: 05583452-01-50  
IBAN: IT60Y0308953641055834520150

Warranty & Conditions of Sale:  
The warranty period is twelve months from delivery.  
All the products & services provided are subject to "ABE General Terms and Conditions of Sale"

Validity of the prices offered: 30 days

I remain at your disposal for any information you might require

Best Regards



Urbano Pagnocelli



ABE ELETTRONICA S.r.l.  
Via Leonardo da Vinci, 224 • 24043 - CARAVAGGIO (BG)  
Tel. +39-0363-351.007 • Fax +39-0363-50.756  
www.abe.it • mail@abe.it

Cod. Fisc. e P. IVA 01815800162  
Reg. Imprese di Bergamo 01815800162  
Capitale Sociale € 100.000,00 i.v.

### **13. Impacto social**

El desarrollo del canal de televisión digital para la Universidad Santo Tomas en la ciudad de Villavicencio tendrá un impacto a nivel social bastante significativo, gracias a que con la ejecución de este proyecto las personas de la ciudad tendrán nuevas alternativas a diversas problemáticas sociales presentes a nivel nacional, incluyendo como prioridad la educación.

El canal digital de televisión será una herramienta para incluir a más población hacia la educación superior que por razones como la falta de información no acceden a esta, asegurando que esta señal esté presente en toda el área metropolitana con la prestación del servicio con la mejor calidad , donde se informara a las personas sobre temas relacionados con la Universidad como la presentación de los programas académicos y aquellos que surgirán a partir de la creación del canal de televisión , ya que con este proyecto se pueden iniciar nuevos programas que se relacionen con el canal tale como comunicación social, Ingeniería de Telecomunicaciones ,etc..

La población de la ciudad de Villavicencio contara con un medio para comunicar a la sociedad temas importantes que puedan ser pautados en el canal, contenidos como promoción de empresas pequeñas, medianas y grandes empresas con el fin de que la comunidad pueda informarse de los productos que ofertan cada una de las empresas que estén interesadas en pautar con el canal.

## 14. Conclusiones

- Al realizar el estudio de factibilidad técnico bajo los estándares establecidos por los entes regulatorios del país tales como la Agencia Nacional del Espectro (ANE), La Autoridad Nacional de Televisión (ANTV) , las cuales establecen los criterios para la transmisión de información haciendo un uso adecuado del espectro radioeléctrico, con lo cual se evidencio que el país cuenta con una organización adecuada para la adjudicación de frecuencias para distintas aplicaciones.
- Con la ayuda de software especializados que implementan las empresas Abe (Advanced Broadcast Electronics) y Broadcast Depot se obtuvieron dos simulaciones de radicación para la ciudad de Villavicencio tomando como sitio de transmisión el Campus de la Universidad en los cuales se evidencia que toda el área metropolitana de Villavicencio cuenta con una cobertura del cien por ciento para la emisión del canal de televisión digital inclusive se observa que su cobertura alcanza a cubrir otros departamentos cercanos.
- Después de haber realizado las cotizaciones pertinentes para la implementación del canal de televisión digital se evidencia que la Universidad cuenta con los recursos necesarios para su elaboración y mantenimiento del mismo, gracias a que con la ejecución de este proyecto podrá generar nuevos ingresos aparte de los que cuenta actualmente
- Para formalizar la asignación de frecuencias se debe presentar un estudio técnico para la implementación de un canal de televisión digital con eso se garantiza que se cumplen con los estándares establecidos por las leyes colombianas para la adjudicación de frecuencias.

## **15. Trabajo futuro**

Un canal de televisión digital se divide en cuatro fases fundamentales la transmisión, producción, emisión y post producción. Al realizar el estudio de factibilidad técnico se incluyen dos etapas las cuales son la transmisión y una parte muy por encima la producción, como trabajo futuro sería incluir las demás fases que no están contempladas al igual que adicionar los estudios de televisión que siempre estén a la vanguardia de la tecnología adoptada por el país bajo el estándar DVB-T2 de acuerdo a los lineamientos establecidos en las leyes colombianas para el manejo de canales digitales de televisión. Como recomendaciones futuras se solicitará renovar las cotizaciones para el momento en que se vaya a ejecutar el proyecto al igual tener en cuenta la fluctuación del valor del euro.

## 16. Bibliografía:

- [1] B. UDLAP, "catarina," [Online]. Available: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/soriano\\_m\\_jc/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/soriano_m_jc/capitulo2.pdf). [Accessed 25 agosto 2018].
- [2] evalidate, "evalidate," [Online]. Available: [http://www.evalidate.in/lab3/pages/ASK/ASK\\_T.html](http://www.evalidate.in/lab3/pages/ASK/ASK_T.html). [Accessed 30 mayo 2018].
- [3] Esopo, "Esopo," [Online]. Available: <https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/eem/>. [Accessed 24 Agosto 2018].
- [4] Conatel, "Conatel," [Online]. Available: <http://www.conatel.gob.ve/espectro-radioelectrico/>. [Accessed 25 Agosto 2018].
- [5] M. d. e. r. d. cuba, "cubaeduca," [Online]. Available: [http://fisica.cubaeduca.cu/media/fisica.cubaeduca.cu/medias/interactividades/ondas-elect11/co/modulo\\_contenido\\_22.html](http://fisica.cubaeduca.cu/media/fisica.cubaeduca.cu/medias/interactividades/ondas-elect11/co/modulo_contenido_22.html). [Accessed 25 Agosto 2018].
- [6] Hyperphysics, "Hyperphysics," [Online]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Forces/isq.html>. [Accessed 25 agosto 2018].
- [7] tsc.uc3m, "tsc.uc3m," [Online]. Available: <http://www.tsc.uc3m.es/docencia/SyCT/Tema%203/Tema3.pdf>. [Accessed 25 Agosto 2018].
- [8] ele01com, "elementos-de-un-sistema-de-telecomunicaciones," [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/tele01com/1-1-elementos-de-un-sistema-de-telecomunicaciones>. [Accessed 25 agosto 2018].
- [9] D. ABC, "Definicion abc," [Online]. Available: <https://www.definicionabc.com/comunicacion/antena.php>. [Accessed 24 agosto 2018].
- [10] A. Elettronica, "abe," [Online]. Available: [https://www.abe.it/documenti/allegati/34/LB\\_14%20-%20VHF%20B.III%20ANTENNA.pdf](https://www.abe.it/documenti/allegati/34/LB_14%20-%20VHF%20B.III%20ANTENNA.pdf). [Accessed 25 agostor 2018].
- [11] blogspot, "Televisión Análoga Vs Televisión Digital Terrestre TDT," [Online]. Available: <http://cjbse.blogspot.com/2013/08/cuadro-comparativo.html>. [Accessed 25 agosto 2018].
- [12] utp, "Estándares actuales detelevisión digita," [Online]. Available: [http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/05-Estandares\\_actuales\\_de\\_television\\_digital.pdf](http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/05-Estandares_actuales_de_television_digital.pdf). [Accessed 25 agosto 2018].
- [13] M. google, "Maps," [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Villavicencio,+Meta/@4.1247544,-73.6791007,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e3e2ddfba283211:0x537e40041d7b20c2!8m2!3d4.1513822!4d-73.6376905>. [Accessed 26 agosto 2018].

- [14] Google, "Google Earth," Bogota, 2018.
- [15] ANE, "Frecuaneicas Disponibles," [Online]. Available: <http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/RegistroFrecuenciasTV/FrecuenciasDisponibles.pdf> . [Accessed 26 agosto 2018].
- [16] ANE, "Registro de frecuencia," [Online]. Available: <http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/RegistroFrecuenciasTV/CanalizacionBandaTV.pdf> . [Accessed 26 agosto 2018].
- [17] Esopo, "Esopo," [Online]. Available: <https://ie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/eem/>. [Accessed 24 Agosto 2018].
- [18] Conatel, "Conatel," [Online]. Available: <http://www.conatel.gob.ve/espectro-radioelectrico/>. [Accessed 25 Agosto 2018].
- [19] M. d. e. r. d. cuba, "cubaeduca," [Online]. Available: [http://fisica.cubaeduca.cu/media/fisica.cubaeduca.cu/medias/interactividades/ondas-elect11/co/modulo\\_contenido\\_22.html](http://fisica.cubaeduca.cu/media/fisica.cubaeduca.cu/medias/interactividades/ondas-elect11/co/modulo_contenido_22.html). [Accessed 25 Agosto 2018].
- [20] B. UDLAP, "catarina," [Online]. Available: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/soriano\\_m\\_jc/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/soriano_m_jc/capitulo2.pdf). [Accessed 25 agosto 2018].
- [21] Hyperphysics, "Hyperphysics," [Online]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Forces/isq.html>. [Accessed 25 agosto 2018].
- [22] tsc.uc3m, "tsc.uc3m," [Online]. Available: <http://www.tsc.uc3m.es/docencia/SyCT/Tema%203/Tema3.pdf>. [Accessed 25 Agosto 2018].
- [23] ele01com, "elementos-de-un-sistema-de-telecomunicaciones," [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/tele01com/1-1-elementos-de-un-sistema-de-telecomunicaciones>. [Accessed 25 agosto 2018].
- [24] D. ABC, "Definicion abc," [Online]. Available: <https://www.definicionabc.com/comunicacion/antena.php>. [Accessed 24 agosto 2018].
- [25] A. Elettronica, "abe," [Online]. Available: [https://www.abe.it/documenti/allegati/34/LB\\_14%20-%20VHF%20B.III%20ANTENNA.pdf](https://www.abe.it/documenti/allegati/34/LB_14%20-%20VHF%20B.III%20ANTENNA.pdf). [Accessed 25 agostor 2018].
- [26] blogspot, "Televisión Análoga Vs Televisión Digital Terrestre TDT," [Online]. Available: <http://cjbse.blogspot.com/2013/08/cuadro-comparativo.html>. [Accessed 25 agosto 2018].
- [27] utp, "Estándares actuales detelevisión digita," [Online]. Available: [http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/05-Estandares\\_actuales\\_de\\_television\\_digital.pdf](http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/05-Estandares_actuales_de_television_digital.pdf). [Accessed 25 agosto 2018].
- [28] M. google, "Maps," [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Villavicencio,+Meta/@4.1247544,-73.6791007,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e3e2ddfba283211:0x537e40041d7b20c2!8m2!3d4.1513822!4d-73.6376905>. [Accessed 26 agosto 2018].
- [29] Google, "Google Earth," Bogota, 2018.
- [30] ANE, "Frecuaneicas Disponibles," [Online]. Available: <http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/RegistroFrecuenciasTV/Frecuenci>

- asDisponibles.pdf . [Accessed 26 agosto 2018].
- [31] ANE, "Registro de frecuencia," [Online]. Available: <http://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/RegistroFrecuenciasTV/CanalizacionBandaTV.pdf> . [Accessed 26 agosto 2018].
- [32] ABE, "simulacion radiacion," Villavicencio, 2018.
- [33] ABE, "Trasmisor de radiacion," 2018.
- [34] B. Depot, "Simulación de radiación," 2018.
- [35] Comscope, "Conectores," [Online]. Available: <https://es.commscope.com/>. [Accessed 27 agosto 2018].
- [36] Comscope, "Comscope," [Online]. Available: [https://www.commscope.com/catalog/cables/product\\_details.aspx?id=45838](https://www.commscope.com/catalog/cables/product_details.aspx?id=45838). [Accessed agosto 2018].
- [37] CENAB, "CENAB," [Online]. Available: <http://cnabf.ane.gov.co/cnabf/modulos/pdfs/tabla70.pdf>. [Accessed 28 Agosto 2018].
- [38] RTVC, "RTVC," [Online]. Available: [https://s3.amazonaws.com/rtvc-assets-qa-sistemasenalcolombia.gov.co/archivos/escala\\_salarial\\_2018.pdf](https://s3.amazonaws.com/rtvc-assets-qa-sistemasenalcolombia.gov.co/archivos/escala_salarial_2018.pdf). [Accessed 28 Agosto 2018].
- [39] SONY, "SONY," [Online]. Available: [https://pro.sony/es\\_ES/products](https://pro.sony/es_ES/products) [Accessed 18 Abril 2019].
- [40] DISHPOINTER, " DISHPOINTER," [Online]. Available: <https://www.dishpointer.com/> [Accessed 28 Agosto 2018].